



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VILLE KIRVESMÄKI
TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN TERÄSRAKENNE-
RITYKSEN TYÖMAILLA JA PROJEKTIHALLINNASSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 4. mar-
raskuuta 2015

TIIVISTELMÄ

VILLE KIRVESMÄKI: Tietomallien hyödyntäminen teräsrakenneyrityksen työmailla ja projektinhallinnassa
Tampereen teknillinen yliopisto
Diplomityö, 79 sivua, 1 liitesivu
Joulukuu 2015
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Pääaine: Rakennustuotanto
Tarkastaja: professori Kalle Kähkönen

Avainsanat: BIM, tietomallinnus, tietomalli, projektinhallinta, teräsrakenne, Lean, maturiteettimalli

Tämän diplomityön tarkoituksena oli luoda edellytykset tietomallien hyödyntämisen kehitykselle teräsrakenneyrityksen työmailla sekä projektinhallinnassa. Yrityksen liiketoimintaprosessi koostuu suunnittelusta, hankinnasta, valmistuksesta, sekä asennuksesta. Nykyhetkellä kohdeyritys on tietomallintamisen edelläkävijöitä suunnittelun saralla, mutta tietomallien käyttöä prosessin muissa osissa halutaan tehostaa.

Tutkimuksen päätavoitteeseen pyrittiin pääsemään kolmen alatavoitteen kautta. Ensimmäiseksi pyrittiin selvittämään yrityksen tietomallintamisen nykytilanne, toiseksi selvittämään yrityksen liiketoimintaprosessissa piileviä ongelmia tietomallinnuksen kautta, ja viimeiseksi löytämään kehitysehdotuksia ongelmien ratkaisuun. Näiden alatavoitteiden kautta pyrittiin luomaan perusta tietomallinnuksen kehitykselle yrityksessä.

Tutkimus koostuu kahdesta osasta, teoreettisen pohjan tutkimukselle luovasta kirjallisuussosiosta, sekä empiirisestä tutkimusosasta. Tutkimus oli luonteeltaan kvalitatiivinen, ja tutkimusaineisto hankittiin haastattelemalla yrityksen projektioorganisaation eri toimien kuvissa ja projekteissa toimivia henkilöitä. Haastattelut olivat puolistrukturoituja teemahaastatteluja.

Tutkimuksen mukaan yrityksen tietomallinnuskäytännöissä on vaihtelua eri projektien välillä, ja työmaiden ja projektinhallinnan tietomallien hyödyntäminen kärsii tietomallien statustietojen päivityksen vaikeudesta tai olemattomuudesta. Syitä tähän on muun muassa riittämättömät verkko- ja laiteratkaisut, koulutus, sekä mallin ja tuotannonohjausjärjestelmän epäyhtenäiset päivityskäytännöt eri tehtailla ja työmailla.

Kohdeyrityksen tulee luoda projektihenkilöstölle yhtenäiset BIM-osaamisvaatimukset toimenkuvittain ja valvoa niiden käyttöönottoa, sekä investoida nopeampiin verkkoratkaisuihin ja kouluttaa henkilöstöään omatoimisiksi BIM-käyttäjiksi. Yrityksen tulee lisätä tietomalliyhteistyötä aliurakoitsijoiden ja projektin muiden osapuolten kanssa kehittämiseen pidemmälle kohti integroitua projektituotantoa.

ABSTRACT

VILLE KIRVESMÄKI: BIM usage on work sites and in project management of a steel construction company

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 79 pages, 1 Appendix page

December 2015

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Construction Management

Examiner: Professor Kalle Kähkönen

Keywords: BIM, project management, steel construction, Lean, maturity model

The purpose of this thesis was to enable further usage of BIM on work sites and in project management of a steel construction company. The company's project delivery process consists of design, procurement, manufacturing and installation. Currently the company is one of industry pioneers in BIM design, but is looking to enhance the usage of BIM in other parts of their business.

The main goal was meant to be reached through three sub-goals. Firstly the current situation of company's BIM usage was determined, secondly the problems in the company's project delivery process were recognized, and lastly long term fixes for found problems were found. Through these sub-goals the basis for developing BIM usage further in the company's process was tried to be found.

This research consists of two parts. First one is the theoretical literature part, forming a foundation for the empirical research part. The research was qualitative, and the data was gathered by interviewing people working in different positions and projects in the company's project delivery organizations. The interviews were semi-structured.

According to the research there are different practices in the way how BIM is utilized in different projects in the company, and utilization of BIM in project management and work sites suffers from difficulties or lack of model updating. Reasons for this are, to name a few, insufficient network and hardware solutions, lack of education, and non-unified model and ERP updating practices in different factories and work sites.

The company is to create unified BIM capability requirements for different positions in the project organization and oversee their implementation, as well as invest in better network solutions and educate its staff to self-sufficient BIM users. The company needs to increase BIM collaboration with its subcontractors and other project stakeholders in order to develop further towards integrated project delivery.

ALKUSANAT

Kiitokset mielenkiintoisesta diplomityöaiheesta kuuluu Ruukki Constructionilta erityisesti Timo Alangolle, Markus Vikströmille, ja Jyrki Saarimalle, jotka olivat mukana suunnittelemassa työn aihetta. Kiitos kuuluu myös kaikille haastateltaville, jotka kiireistään huolimatta ehtivät osallistumaan tähän tutkimukseen. Tampereen teknilliseltä yliopistolta haluan kiittää professori Kalle Kähköstä, jonka neuvot ja mukanaolo koko projektin ajan oli suuri apu. Minulla oli työn suorituksessa melko vapaat kädet, mutta lähes kuukausittaiset seurantalaverit edellä mainittujen henkilöiden kanssa auttoivat pitämään tämän, toistaiseksi elämäni suurimman yksittäisen projektin raiteillaan maaliin asti.

Haluan myös kiittää kaikkia ystäviäni ja läheisiäni, joiden tuki opintojeni aikana on ollut niin ikään korvaamatonta. Välillä tuntui opintojen varrella, että loppua ei näy. Näitä sanoja kirjoittaessani pakko se on kuitenkin pikkuhiljaa todeta, että näin vain pääsi käymään, ja on aika aloittaa seuraava vaihe.

Seinäjoella 29.12.2015

Ville Kirvesmäki

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset.....	2
1.3	Tutkimuksen rajaukset.....	3
1.4	Tutkimusmenetelmä ja -aineisto.....	3
1.5	Tutkimusraportin rakenne	3
2.	TIETOMALLIT RAKENNUSHANKKEEN PROJEKTINHALLINNAN APUVÄLINEENÄ	5
2.1	Rakennushanke projektina	5
2.1.1	Projektin päämäärä ja tavoitteet.....	6
2.1.2	Rakennushankkeen projektinhallinta	9
2.2	Rakennuksen tietomallit.....	10
2.2.1	Yleiset tietomallivaatimukset 2012.....	12
2.2.2	Tietomallintamisen vaiheet rakennushankkeessa	13
2.2.3	Tietomallien hyödyntäminen rakentamisvaiheessa	18
2.3	Kaksi käsiteltävää tietomallinnusohjelmistoa	21
2.3.1	Tekla Structures	22
2.3.2	Tekla BIMsight	24
2.4	Lean Construction.....	26
2.4.1	Leanin keskeisiä periaatteita ja työkaluja.....	27
2.5	BIM-maturiteettimallit	29
2.5.1	Yleistä	29
2.5.2	BIM Framework ja maturiteettimatriisi	30
3.	TUTKIMUS TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISESTÄ KOHDYRITYKSESSÄ.....	37
3.1	Tutkimusmenetelmän esittely	37
3.2	Tutkimuksen toteutus.....	37
3.3	Haastatteluaineiston koonti	41
3.3.1	Projektipäälliköt ja projekti-insinöörit	44
3.3.2	Suunnittelupäälliköt	48
3.3.3	Työmaakäyttö	53
3.3.4	Tuotanto.....	58
4.	HAASTATTELUAINEISTON ANALYSOINTI JA TUTKIMUSTULOKSET ..	60
4.1	Tietomallintamisen nykytilanne yrityksen työmailla ja projektinhallinnassa 60	
4.1.1	Tietomallien käyttö kohdeyrityksen projekteissa	60
4.1.2	Nykytilanne BIM Maturiteettimatriisissa.....	64
4.2	Tietomallien hyödyntämisen ongelmakohdat työmailla ja projektinhallinnassa	68

4.3	Ongelmakohtien ratkaisun mahdollistaminen	71
5.	YHTEENVETO	74
5.1	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen	74
5.2	Tutkimuksen toteutus ja luotettavuus	75
5.3	Jatkotutkimusaiheita	76
	LÄHTEET	77
	LIITE A: ENGLANNINKIELISET HAASTATTELUKYSYMYKSET	80

LYHENTEET JA MERKINNÄT

BIM	Building Information Model, tietomalli, rakennuksen tai rakennusprosessin elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa.
COBIM -hanke	Common BIM requirements. Senaatti-kiinteistöjen toteuttama laajamittainen hanke kansallisten tietomallivaatimusten luomiseksi
db1-malli	Tekla Structuresin käyttämä natiivitiedostoformaatti.
IFC	Industry Foundation Class, kansainvälinen standardimuoto tietomallien siirtämiseksi eri ohjelmistojen välillä.
IPD	Integrated Project Delivery, ihmisten, järjestelmien ja käytäntöjen integroitu ryhmittymä, jolla projekti saavuttaa optimaalisen tuloksen ja asiakas suurimman arvon.
projektimalli	Projektipäällikön ja työmaahenkilöstön käyttämä malli, jonka metatietoihin lisätään projektin statustietoa.
suunnittelumalli	Suunnittelijoiden käyttämä db1-malli.
UDA	User Defined Attribute, Tekla Structuresissa elementtien ja osien metatietoa. Projektinhallinnassa käytetään asennusjärjestysten ja asennuksen statustiedon seuraamiseen.

.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tietomallintaminen (myös tuotemalli tai tuotetietomalli), eli BIM (Building Information Modeling), on kokonaisvaltainen ja integroitu tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Tietomallien avulla rakennusten suunnittelussa, toteuttamisessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittava tieto on perinteisiä piirustuksia paremmin hallittavissa. Tietomallipohjaista tietoa voidaan käsitellä ja tulkita ihmisten lisäksi myös tietokoneohjelmilla ja -järjestelmillä. (Penttilä et al. 2006)

Tietomallien käyttö rakentamisen alalla on yleistynyt viime vuosikymmenen aikana hyvin voimakkaasti Suomessa ja kansainvälisesti. Yleisesti ottaen rakennusten ja kiinteistöjen mallintamisen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari prosessin tukeminen. (COBIM 2012a)

Tämä diplomityön tarkoituksena on luoda edellytykset tietomallien käytön hyödyntämisen parantamiselle työmailla ja projektihallinnassa SSAB-konserniin kuuluvassa Ruukki Construction -divisioonassa. Kohdeyritys on tehnyt tietomallien kanssa työtä jo vuosituhaten vaihteesta lähtien, ja on edelläkävijöitä tietomallipohjaisessa suunnittelussa. Kohdeyritys tekee yhteistyötä Teklan kanssa kehittääkseen omiin tarpeisiinsa sopivia tietomallinnustyökaluja.

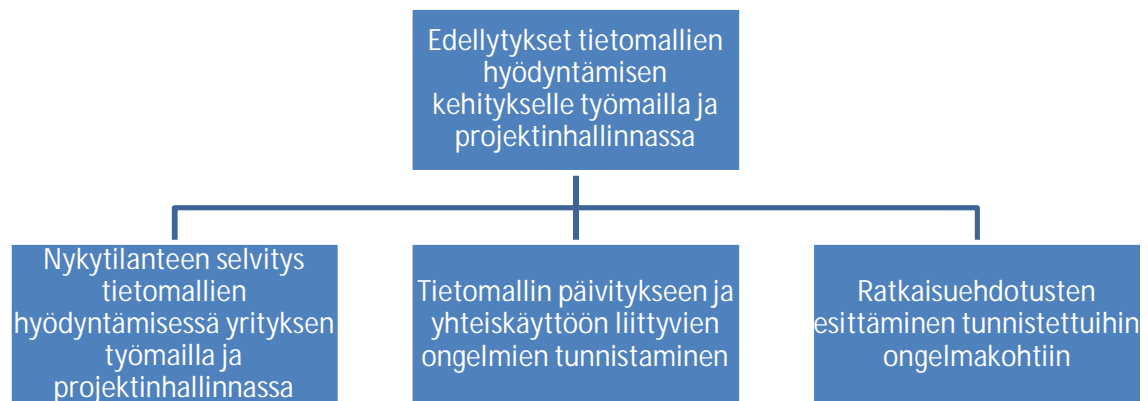
Ruukin projektiliiketoiminta keskittyy Building Systems -haaran alle, jossa Ruukki tarjoaa asiakkailleen energia- ja elinkaari tehokkaita perustus-, runko-, sekä kuorirakenteita suunniteltuina ja asennettuina (Ruukki Construction). Liiketoiminnan eri toiminnot on esitetty kuvassa 1.1. Tässä diplomityössä keskitytään tietomallien hyödyntämiseen valmistus- ja asennusvaiheissa.



Kuva 1.1. Prosessin toiminnot.

1.2 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Edellisessä kappaleessa esitettyjä toimintoja on tähän asti kehitetty jokseenkin erillisinä. Suunnitteluvastuullisista hankkeista mallinnetaan lähes kaikki, mutta tietomallien hyödyntämisessä työmailla ei ole olemassa vakiintunutta käytäntöä, ja sillä saralla on parantamisen varaa. Parhaassa tapauksessa tietomalli päivittyy ajantasaisesti tarkalla informaatiolla oikean rakennustyön etenemisen tahdissa. Tällöin hankkeen osapuolilla olisi käytössään reaaliaikainen malli rakennuksesta, mikä helpottaisi teräselementtien asentamisen suunnittelua sekä kommunikaatiota työmaan ja muun projektihenkilöstön välillä. Tämän diplomityön tavoitteet on esitetty kuvassa 1.2.



Kuva 1.2. Tutkimuksen tavoitteet.

Tämän diplomityön päätavoitteena on luoda edellytykset parantaa yrityksen nykyistä käytäntöä tietomallinnuksen hyödyntämisessä työmailla sekä projektinhallinnassa. Tämä on samalla myös työn teollinen tavoite.

Päätavoitteeseen päästään 3 tiedollisen alatavoitteen kautta. Ensimmäisenä alatavoitteena on selvittää yrityksen nykytilanne tietomallien hyödyntämisessä työmailla ja projektinhallinnassa.

Toisena alatavoitteena on selvittää yrityksen liiketoiminnan eri toimintojen rajapinnoissa (kuva 1.1) ilmeneviä ongelmia. Yrityksen liiketoiminnan kannalta on oleellista, että asianomaisilla henkilöillä on oikea tieto saatavilla oikeaan aikaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että malli- ja tuotantotiedot päivittyvät mahdollisimman reaaliaikaisesti, jotta projektin muut osapuolet voivat tehdä päätöksiä ja suunnitella omia työtehtäviään perustuen oikeaan ja luotettavaan tietoon.

Kolmantena ja viimeisenä alatavoitteena on selkeyttää ja hakea parannusehdotuksia tunnistettujen ongelmien ratkaisemiseksi prosessin rajapinnoissa tietomallintamisen kautta. Nämä ratkaisukeinot voivat olla joko teknisiä tai prosessin parantamiseen keskitettyjä ratkaisuja.

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tämä tutkimus rajataan koskemaan hankkeen rakentamisvaihetta, eli rakentamisen suunnittelua ja rakentamista. Suunnittelun tietomallintamisen teknisiä yksityiskohtia ei käsitellä, vaikka ohjelmia käsiteltäessä voidaankin mennä yksityiskohtaiselle tasolle. Lähtökohtana siis on, että hankkeeseen tehdään toteutussuunnittelua ja valmis suunnittelumalli on jo olemassa.

Kohdeyrityksen toimialasta johtuen tutkimus käsittelee tietomallintamisen hyödyntämisessä teräsrakentamisessa, mutta työn tuloksia voi myös soveltuvin osin hyödyntää muunkinlaisessa rakentamisessa.

1.4 Tutkimusmenetelmä ja -aineisto

Tämä diplomityö koostuu kahdesta osasta: aiheen teoreettisen taustan kuvaavasta osasta, sekä empiirisestä osasta.

Työn teoriaosuus tehtiin alan kirjallisuuteen ja kyseisen aihepiirin aiempiin tutkimuksiin perustuen. Teoriaosuudessa esitellään työn aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja luodaan pohja empiirisen osan tutkimukselle.

Empiirinen osa on luonteeltaan kvalitatiivinen tutkimus, ja tutkimusaineisto kerättiin teemahaastatteluilla yrityksen hankkeissa suunnittelusta ja projektin toteutuksesta vastaavien henkilöiden kanssa. Tutkimukseen otetaan mukaan viisi (5) yrityksen case-työmaata. Nämä työmaat ovat:

- Svalhall SSAB Luulaja, Ruotsi, radanvaihto,
- Raahe Kattila, Suomi, kattilatyömaa
- Värtahamnen, Ruotsi, satamarakennus,
- Flesland, Norja, lentotermiinaali,
- Valmet Mittal Ostrava, Tsekki.

Kyseisistä projekteista haastateltiin projekti-, suunnittelu-, työmaapäällikkö, sekä tuotantoinisinööri. Näin saatiin monipuolinen kuva tietomallintamisen tilasta ja ongelmista kohdeyrityksessä.

1.5 Tutkimusraportin rakenne

Luvussa 1 on esitelty tämän diplomityön tausta, tavoitteet, rajaukset, sekä valittu tutkimusmenetelmä.

Luvussa 2 on esitelty diplomityön aiheeseen liittyvä teoriakatsaus. Esitellyistä teemoista ensimmäinen on projektiliiketoiminta rakennusyrityksen näkökulmasta. Toisena on esitelty tietomalleja, yleiset tietomallivaatimukset 2012 (COBIM-hanke), sekä tietomal-

lintamisen vaiheet rakennushankkeessa, ja niiden hyödyntämistä rakentamisen aikana. Kolmantena on esitelty tutkimuksessa kohdeyrityksen käytössä olevat Tekla Structures ja Tekla BIMsight -ohjelmat. Myös Lean-filosofian periaatteita ja tietomallintamisen maturiteettimalleja on käsitelty.

Luvussa 3 on esitelty valittu tutkimusmenetelmä, tutkimuksen toteutus sekä haastatteluaineisto. Haastatteluaineiston vastaukset on eritelty projektihenkilöstön toimenkuvien mukaan (projektipäälliköt, suunnittelupäälliköt, työmaapäälliköt, sekä tuotanto).

Luvussa 4 on analysoitu haastatteluaineistoa luvun 2 teoriakatsauksen teemojen mukaan.

Luvussa 5 analysoidaan tutkimuksen toteutusta, sekä saatujen tulosten oikeellisuutta ja soveltuvuutta. Tutkimustuloksia tarkastellaan tutkimuskysymyksien pohjalta, ja todetaan onko niihin saatu vastaukset ja onko tutkimus pysynyt asetetuissa rajauksissa. Viimeisenä on esitetty jatkotutkimusaiheita sellaisista asioista, jotka tutkimusta tehdessä nousivat esiin, mutta joihin ei tämän tutkimuksen rajausten puitteissa syvällisemmin paneuduttu.

2. TIETOMALLIT RAKENNUSHANKKEEN PROJEKTIHALLINNAN APUVÄLINEENÄ

Tässä luvussa on esitetty tutkimuksen kannalta oleelliset seikat tietomalleista sekä niiden asiasisällöstä. Käsiteltäviä aiheita ovat projektiliiketoiminta, tietomallintamisen yleiset periaatteet sekä tietomallien asiasisältö rakentamisvaiheessa, Lean-filosofia, sekä organisaation tietomallintamisen edistyneisyyttä kuvaavat maturiteettimallit.

2.1 Rakennushanke projektina

Kankaisten ja Junnoson (2001) mukaan rakentaminen on luonteeltaan projektiliiketoimintaa, ja eroaa täten toistuvaluontoisesta tehdasteollisuudesta monella eri tavalla. Rakentamisessa on tyypillistä hanketasolla toiminnan kertaluontoisuus ja osapuolten jatkuva vaihtuminen. Rakennushankkeet myös suunnitellaan tuotteena ja toteutusorganisaationa lähes aina eri paikkaan, joten aikaisempia kokemuksia ei voida tehokkaasti hyödyntää.

Seuraavassa taulukossa on esitetty projektin ja toistuvan tehdastoiminnan välisiä eroja Projektiliiketoiminta –kirjan mukaan. (Karlos et al. 2008)

Taulukko 2.1. Projektien ja toistuvan toiminnan välisiä eroja (Muokattu lähteestä (Karlos et al. 2008)).

Erottavia tekijöitä	Projektit	Toistuva toiminta
Toimintaympäristön vaatimukset	Joustavuus, uudistuminen, muutos	Pysyvyys, jatkuvuus, ennustettavuus
Suhde muutokseen	Pyrkii mittavaan muutokseen luomalla epätasapainon nykytilan ja päämäärän välille	Pyrkii asteittaiseen muutokseen ylläpitämällä ja etsimällä tasapainoa eri vaatimusten kesken
Kohde, laajuus	Ainutkertainen ratkaisu asiakkaan tarpeiden mukaan	Yksittäiset tuotteet ja erät volyymi- tai kustannustavoitteen mukaan
Ajallinen raja	Ajallisesti rajattu	Jatkuva
Resurssit	Resurssit tarpeen ja tarkoituksen (laajuuden) mukaan	Melko pysyvät resurssit
Budjetti	Budjetti tarpeen ja tarkoituksen (laajuuden) mukaan	Vuosibudjetit tai esimerkiksi valmistuseräkohtaiset budjetit
Näkökulma tehokkuuteen	Oikeiden asioiden tekeminen	Kustannustehokas toteutus
Henkilöresurssien kohdistaminen eri tehtäviin	Projektin tavoitteet ja yksilön osaamiset määräävät – tehtävät voivat vaihtua projektin edetessä	Työnkuva ja rooli määräävät – tehtävät ovat melko pysyviä ja ennalta määritettyjä
Tulosten ennustettavuus	Epävarmaa ja riskialtista. Kokemus lisää riskinotto-kykyä, riskienhallinta auttaa tulosten ennakoinnissa	Ennustettavaa ja ennakoitavissa. Kokemus lisää ennakoitavuutta ja pysyvyyttä, riskit minimoidaan

2.1.1 Projektin päämäärä ja tavoitteet

Projektitiliektoiminta-kirjan (Karlos et al. 2008) mukaan projektilla on ennalta määritetty päämäärä, joka on tulevaisuuden tila, johon projektin toteuttamisella pyritään. Ra-

kennusallalla tämä tarkoittaa joko valmista uutta rakennusta, tai uudistettua jo alun perin olemassa olevaa rakennusta.

Projektin päämäärä:

- kuvaa sen tarkoituksen, minkä takia projekti on ollut aiheellista aloittaa,
- kuvaa projektin tuloksena toteutettavan muutoksen, sekä
- toimii lähtökohtana projektin konkreettisten *tavoitteiden* määrittämiselle.

Projektin kolme tavoitetta ovat:

1. *Laajuustavoite, tuote* (mitä tehdään)
2. *Aikatavoite* (milloin tehdään)
3. *Kustannustavoite* (millaisin kustannuksin ja resurssein tehdään). (Karlos et al. 2008)

Projektin päämäärää määritettäessä korostetaan yleensä projektille asetettavia liiketoiminnallisia odotuksia ja tavoitteita. Projektiliiketoiminnan määritelmän mukaan toiminnan tulee palvella yrityksen päämäärien saavuttamista. Projektin päämäärän mukainen muutos liittyy suoraan projektin tuloksena toteutuvaan tuotteeseen, jonka avulla muutos alku- ja lopputilan välillä saadaan aikaan. Muutoksesta saatavien hyötyjen tulee olla käytettävissä jostain tietyistä ennalta määritetystä ajanhetkestä eteenpäin, ja hyötyjen tulee olla projektiin investoituja kustannuksia suuremmat. Nämä seikat asettavat vaatimuksia projektin aikataulun pituudelle ja budjetin määrälle. (Karlos et al. 2008)

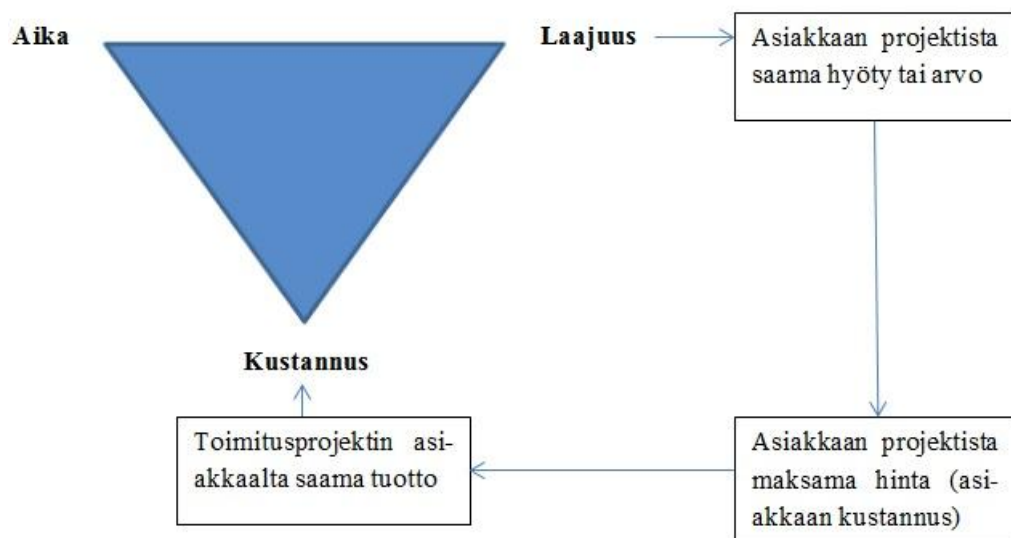
Projektin päämäärästä sekä aika- ja kustannusrajoitteista voidaan johtaa projektin kolme eri tavoitetta (ks. kuva 2.1), jotka ovat laajuus-, aika-, ja kustannustavoitteet. Projektin tulokset muodostuvat tavoitteiden yhteisvaikutuksista, eli tavoitteet ovat toisistaan riippuvaisia. (Karlos et al. 2008)

Laajuustavoite tarkoittaa projektin tuloksena syntyvää *tuotetta* ja sille asetettavia vaatimuksia. Tuotteelle asetettavat vaatimukset ovat yleensä fyysisiä tai toiminnallisia, ja laajuustavoitteeseen sisältyy tuotteen tekniset, toiminnalliset ja laadulliset ominaisuudet. Näistä tekniset ominaisuudet koskevat esimerkiksi komponentteja, materiaaleja, mittoja ja rakenteita. Toiminnallisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan esimerkiksi suorituskykyä, ylläpitoa ja käytettävyyttä. Laadulliset ominaisuudet käsittelevät tekijöitä, jotka eivät suoraan liity tuotteen valmistukseen tai toiminnallisuuteen, mutta jotka tuovat lisäarvoa asiakkaalle. Näitä voivat olla esimerkiksi tuotteen ulkonäköä tai sen luomaa mielikuvaa koskevat ominaisuudet. (Karlos et al. 2008)

Aikatavoite liittyy projektin määritelmän mukaisesti ajalliseen rajaukseen. Projektilla on ennalta määritetty aikataulu, jonka mukaisesti projektin tuloksena syntyvän tuotteen tulee olla valmis ja asiakkaan käytettävissä. Aika on projektille selkeä rajoite, sillä kalenteriaikaa ei sellaisenaan voida venyttää. Yksittäisten tehtävien vaatimaa aikaa voi-

daan kuitenkin lyhentää esimerkiksi lisäämällä henkilöresursseja tai käyttämällä tehokkaampia koneita tai järjestelmiä, mutta tällä on suora vaikutus projektin kustannuksiin. (Karlos et al. 2008)

Kustannustavoite tarkoittaa sitä, että projekti tulee toteuttaa ennalta määritetyn budjetin mukaan. Budjetin perusteella voidaan myös suoraan johtaa tavoitteita projektin resursien käytölle. Muillekin kuin rahallisille resursseille laaditaan usein budjetteja, kuten esimerkiksi työtuntibudjetti. Vaikka yleensä on kyse kustannusten rajaamisesta, niin joissain tapauksissa kustannustavoitteella voidaan tarkoittaa sitä, että projektiin todella käytetään riittävän paljon kustannuksia ja muita resursseja. Kustannustavoite voidaan myös edelleen laajentaa laadullisiksi, projektiorganisaation ominaisuustavoitteiksi. Kustannustavoite sisältää myös liiketoimintaan liittyvän tuottotavoitteen. Laajuustavoitteen (projektin lopputuloksen) saavuttamisesta hyötyvä asiakas maksaa projektin toimittamisesta sen arvontuottoon suhteessa olevan hinnan, joka on projektitoimittajalle myyntituottoa. Projektitoimittajan tulee kustannustavoitteita määrittäessään budjetoida myös projektin tuotot. Projektin tulee saavuttaa sen tuottojen ja kustannuksien erotukselle määritetty katetavoite: projektin tulee tuottaa riittävästi voittoa. (Karlos et al. 2008)



Kuva 2.1. Projektin tavoitteet (muokattu lähteestä (Karlos et al. 2008)).

Edellä mainitut projektin kolme tavoitetta ovat toisistaan riippuvaisia. Esimerkiksi aika- ja kustannustavoitteet luovat rajoituksia projektin laajuustavoitteen mukaisen tuotteen ominaisuuksiin. Vastaavasti aikatavoitteen pienentäminen vaatii lisää kustannuksia tai laajuustavoitteesta tinkimistä. Tavoitteita tulee siis priorisoida suhteessa toisiinsa, sillä ne ovat toisistaan riippuvaisia ja mahdollisesti keskenään ristiriitaisia. (Karlos et al. 2008)

2.1.2 Rakennushankkeen projektinhallinta

Projektinhallinnalla tarkoitetaan projektin tavoitteiden ja päämäärän saavuttamiseen tähtäävien johtamistapojen soveltamista. Projektien olennaisin haaste on niiden onnistuminen päämäärän, odotusten ja vaatimusten mukaan. Toimintaympäristön ja sisällön mukaan projektin onnistumiseen vaikuttavat useat erilaiset tekniset, sosiaaliset sekä taloudelliset asiat, mutta projektinhallinta ja sen tilanteeseen soveltuvat systemaattiset johtamistavat ja menetelmät ovat yhteistä sekä projektille että projektin onnistumiselle. Suurin osa perinteisestä projektinhallinnan kirjallisuudesta keskittyy yksittäisten projektien suunnitteluun, johtamiseen ja edistämiseen. Nämä elementit ovat osa projektinhallinnan käsitettä. (Karlos et al. 2008)

Projektinhallintaoppaita on tehty useita, joista tunnetuimpiin kuuluu Project Management Instituten (PMI) julkaisema *A Guide to the Project Management Body of Knowledge* (PMBOK-Guide), joka käsittelee projektinhallintaan liittyviä käsitteitä, menettelytapoja ja vaatimuksia yleiselle hyvälle projektinhallintatavalle sekä esitetty projektinhallinnan osa-alueet (Kankainen & Junnonen 2001). Tämän teoksen mukaan projektinhallinnan eri prosessit jaetaan viiteen eri prosessiryhmään, jotka ovat:

- 1) projektin aloitus,
- 2) suunnittelu,
- 3) suoritus,
- 4) seuraaminen ja kontrollointi, sekä
- 5) lopetus. (Project Management Institute 2013)

Kankaisen ja Junnosen (2001) mukaan rakentamisessa projektinjohtaminen on tietojen, taitojen, välineiden, ja tekniikoiden käyttämistä projektin ohjaamisessa niin, että tilaajan hankesuunnitelmassa määritetyt tavoitteet saavutetaan. Projektitoiminnan perusedellytyksenä on suunnitelmallisuus, jonka takia suunnittelun ja toteutuksen ohjausta varten tehdään projektisuunnitelma, jossa määritetään projektin tavoitteet, organisaatio, informaation välittäminen, päätöksenteko, suunnittelu- ja ohjausmenettelyt sekä valvonta- ja raportointikäytännöt.

Rakentamiseen liittyy useita eri prosesseja, ja rakennushankkeen läpivienti asetettujen tavoitteiden mukaan edellyttää projektin ohjausprosessin määrittelyä sekä projektin ohjauksen eri osa-alueilla noudatettavien menettelyjen suunnittelua ja toteutusta. Kuitenkin lopputuotteen suunnitteluun ja toteutukseen liittyy tuotesuunnittelun, tuotannonohjauksen ja rakentamisen toteutusprosessit, kuten kantavien rakenteiden mitoitus ja suunnittelu, aikataulun laadinta ja hankintojen tekoprosessi tai rungon asennusprosessi. Toteutusprosessit liittyvät toisiinsa. Projektitoiminnan prosessit liittyvät tilaajan, suunnittelijan tai urakoitsijan liiketoimintaprosesseihin. (Kankainen & Junnonen 2001)

Projekti jaetaan yleensä vaiheisiin johdon päätöksenteon ja projektin arvioinnin helpottamiseksi. Talonrakennusprojektin ajalliset vaiheet ovat yleensä tarveselvitys, hanke-suunnittelu, rakennussuunnittelu (tässä työssä Yleisten tietomallivaatimusten YTV12 mukaisesti rakennussuunnittelu pitää sisällään ehdotussuunnittelun, yleissuunnittelun, sekä toteutussuunnittelun), toteutusvaihe sekä käyttöönotto. Projektin ajallinen vaiheistus on osin keinotekoinen, sillä käytännössä vaiheet limittyvät toistensa kanssa. Hanke voidaan myös toteuttaa vaihe kerrallaan tarpeiden selkiytyessä. Rakennushankkeen vaiheiden sijoittuminen peräkkäin tai rinnakkain riippuu hankkeelle valitusta toteutusmuodosta. (Kankainen & Junnonen 2001)

Kankaisen ja Junnosen mukaan projektinhallinnan onnistumisen edellytyksenä on oikein tehty projektin osittelu. Projektin sisältö esitetään jaettuna osiin, joista muodostetaan projektijohtamisen edellyttämät kokonaisuudet. Tämän osittelun tavoitteina on:

- jakaa projekti selviin vastuukokonaisuuksiin ja osaprojekteihin,
- jakaa projektin aikataulu osa-aikatauluiksi projektin ajallista ohjausta varten,
- luoda edellytykset kustannusohjaukselle ja -valvonnalle,
- määrittää tarvittavat resurssit,
- muodostaa projektin osille hierarkkinen koodaus. (Kankainen & Junnonen 2001)

Projektin osittaminen on hankkeen sisällön sekä läpiviennin mallintamista. Samat seikat jaetaan osiin monesta eri näkökulmasta. Näitä näkökulmia ovat:

- rakenteellinen osittelu, joka kuvaa hankkeen sisällön halutulla tarkkuudella,
- tuotannollinen osittelu, joka kuvaa hankkeen rakenteiden valmistamisen tehtäväluetteloina, työpaketteina tai tuotantorakenteina,
- sijainnin mukaan osittelu, joka muodostaa tuotantolohkot, lohkojaon tai työkohteiden,
- hankintaosittelu, joka kuvaa erikseen hankittavat suunnittelu-, materiaali-, tarvike- ja työpanokset tai edellisten yhdistelmät,
- vastuualueosittelu, joka kuvaa hankkeen organisaation ja henkilöiden vastuut,
- kustannusosittelu, joka kuvaa kustannusten kohdistamisen suuremmiksi kokonaisuuksiksi,
- vaiheittainen osittelu, joka kuvaa hankkeen vaiheet ajallisen etenemisen mukaisesti sekä vaiheiden väliset riippuvuudet. (Project Management Institute 2013; Kankainen & Junnonen 2001)

2.2 Rakennuksen tietomallit

Tietomallintaminen on kokonaisvaltainen ja integroitu tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa. Tietomallien avulla rakennusten suunnittelussa, toteutamisessa, käytössä ja ylläpidossa tarvittava tieto on perinteisiä piirustuksia paremmin

hallittavissa. Tietomallipohjaista tietoa voidaan käsitellä ja tulkita ihmisten lisäksi myös tietokoneohjelmilla ja -järjestelmillä. (Penttilä et al. 2006)

Tietomalleissa rakennuksen tietojen mallintamiseen liittyy yleensä rakennuksen piirteiden kuvaaminen siten, että niitä voidaan käyttää toiminnallisten ominaisuuksien, kuten kustannusten, energiankulutuksen, ilmanvaihdon, valaistuksen tai akustiikan arviointiin. Näissä analyyseissä käytetään yleensä suunnittelijoiden tietomalleista ja ulkoisista tietokannoista saatavien tietojen yhdistelmiä. (Rakennustieto Oy 2010)

Tietomalliin voidaan tallentaa ja siitä saadaan poimittua tietoa mm. rakennuksen tiloista, rakenteista, materiaaliominaisuuksista sekä mitoista ja määristä. Tietomallien avulla tietoa voidaan tallentaa ja siirtää rakennushankkeen eri osapuolten välillä nopeammin, luotettavammin ja tehokkaammin verrattuna perinteisiin menetelmiin. (Penttilä et al. 2006)

Tietomalleja hyödynnetään nykyään rakennuksen koko elinkaaren ajan aina suunnittelun alusta jatkuen itse rakentamisen jälkeenkin käytön ja ylläpidon aikana. COBIM-hankkeen tuloksena valmistuneiden yleisten tietomallivaatimusten mukaan tietomallit mahdollistavat mm.:

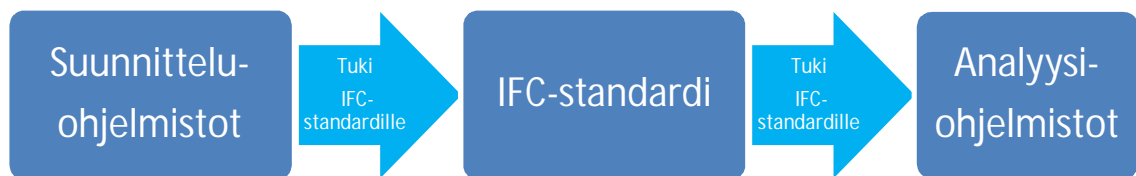
- investointipäätöksien tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia,
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseurantaa varten,
- suunnitelmien havainnollistamisen ja rakennettavuuden analysoimisen,
- laadunvarmistuksen, tiedonsiirron parantamisen ja suunnitteluprosessin tehostamisen,
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa. (COBIM 2012a)

Tietomalleille on asetettu yleisiä tavoitteita, joita ovat esimerkiksi:

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja,
- sitouttavat osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla,
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja,
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista,
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua,
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja,
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella,
- tukea hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysijä,
- tukea hankkeen tiedonsiirtoa käytönaikaiseen tiedonhallintaan. (COBIM 2012a)

Jokainen rakennushanke on kuitenkin erilainen, joten hankekohtaisesti tulee miettiä mitä asioita mallissa painotetaan. Edellä esitettyjen yleisvaatimusten sekä erityispiirteiden pohjalta määritetään ja dokumentoidaan projektikohtaiset vaatimukset tietomallille.

Tietomallien tarkastelu eri mallinnusohjelmien välillä edellyttää ohjelmilta kansainvälisen IFC (Industry Foundation Classes) -tiedonsiirtostandardin käyttöä. IFC määrittelee ohjelmasta riippumattoman tavan siirtää 3D-tuotetietoa ohjelmien välillä. Periaatteena on, että tietoa tuottava tai lähettävä ohjelma esikäsittelee tiedot ohjelman omasta tallennusmuodosta IFC-muotoon, ja vastaanottava ohjelma käsittelee tiedot IFC-muodosta omaan sisäiseen muotoonsa. IFC:n tavoitteena on tarjota kattava kuvaus rakentamisen ja kiinteistön ylläpidon mallimuotoisista 3D-tuotetiedoista rakennuksen koko elinkaaren ajalle. (Penttilä et al. 2006) IFC-standardin periaate eri ohjelmistojen välillä on esitetty kuvassa 2.2.



Kuva 2.2. IFC-tiedonsiirtostandardin periaate eri ohjelmistojen välillä. (Muokattu lähteestä Penttilä et al. 2006, s. 38)

IFC:tä kehitetään jatkuvasti BuildingSMARTin toimesta, ja uusin versio siitä on IFC4 (aikaisemmin kutsuttu IFC 2x4:nä), joka julkaistiin maaliskuussa 2013. Kuitenkin laajalti on vielä käytössä sen edeltäjä IFC 2x3, joka on suositeltu muoto myös Ruukilla käytössä olevassa Tekla Structuresissa (Liebich 2013; Tekla Corporation 2014). BuildingSMARTin mukaan uuteen IFC4-muotoon siirrytään 2016 vuodesta lähtien. (Liebich 2013)

2.2.1 Yleiset tietomallivaatimukset 2012

Vuonna 2012 valmistui päivitys ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” (YTV12) alun perin vuonna 2007 Senaatti-kiinteistöjen toteuttamiin yleisiin tietomallivaatimuksiin. Hanke toteutettiin COBIM-hankkeen muodossa ja siinä oli mukana myös paljon muita osapuolia, kuten kiinteistön omistajia, rakennuttajia, rakennusliikkeitä sekä ohjelmistotaloja (BuildingSMART Finland). Tarve näille vaatimuksille johtui rakennusalalla nopeasti lisääntyvästä tietomallien käytöstä. Rakennushankkeen jokaisessa vaiheessa on tärkeä määritellä entistä tarkemmin mitä ja miten mallinnetaan. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan lähtökohtana olivat hankkeen tilaajaorganisaatioiden aikaisemmat ohjeet sekä niistä saadut käyttökokemukset ja ohjeiden kirjoittajien kokemukset tietomallipohjaisesta toiminnasta. (COBIM 2012a)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjassa esitetään vähimmäisvaatimukset mallintamiselle ja tietomallien tietosisällölle. Näitä vähimmäisvaatimuksia on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa tietomallinnettavissa hankkeissa, ja niiden lisäksi voidaan tapauskohtaisesti esittää lisävaatimuksia. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 käsittää 14 osaa, joissa tietomallinnettavan hankkeen kulku ja eri osapuolten tehtävät sekä tuotettavien dokumenttien vaatimukset on kuvattu seikkaperäisesti. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 koostuvat seuraavista osista (COBIM 2012a)

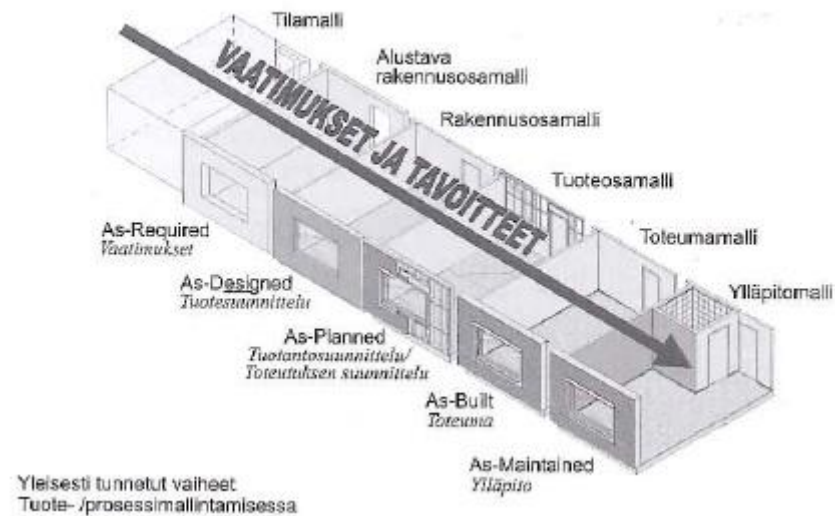
1. Yleinen osuus
2. Lähtötilanteen mallinnus
3. Arkkitehtisuunnittelu
4. Talotekninen suunnittelu
5. Rakennesuunnittelu
6. Laadunvarmistus
7. Määrälaskenta
8. Mallien käyttö havainnollistamisessa
9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
10. Energia-analyysit
11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
14. Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa

Tämän diplomityön kannalta olennaisimmat osat ovat 11 Tietomallipohjaisen projektin johtaminen ja 13 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa.

2.2.2 Tietomallintamisen vaiheet rakennushankkeessa

Tietomallin tietosisältö muuttuu ja täydentyy rakentamisprosessin aikana. Rakennusteollisuus RT ry:n vuonna 2005 julkaistussa Pro IT -hankkeessa tietomalliprosessin eri vaiheet määriteltiin kuvan 2.3 mukaisesti, ja vuonna 2012 julkaistussa YTV12:ssa vaiheet on määritelty tarkemmin. Tässä diplomityössä keskitytään erityisesti toteutus- ja toteumamalleihin, mutta kokonaiskuvan luomiseksi koko prosessi on esitelty lyhyesti tässä alakappaleessa.

Mallintamisen teoreettiset vaiheet



Kuva 2.3. Tietomallintamisen teoreettiset vaiheet (Penttilä et al, s. 28).

Tietomallintamisen kannalta rakennushanke jaetaan YTV12 mukaan tarveselvitys-, hankesuunnittelu-, ehdotussuunnittelu-, yleissuunnittelu-, toteutussuunnittelu-, toteutus- ja vastaanottovaiheisiin (COBIM 2012a).

Vaikka rakennushanketta käsitellään vaiheittain, erilaiset toteutusmuodot ja nykyinen suunnittelu- ja rakentamistapa on johtanut siihen, että käytännössä rakennushankkeiden vaiheet limittyvät. Tietomallinnettavissa hankkeissa vaiheiden päällekkäisyys ja samanaikaisuus tarkoittaa hankkeen eri osapuolten tekemän mallintamistyön vaiheistusta siten, että välillä osapuolet työskentelevät erillään ja tietyin väliajoin hankeaikataulussa sovituisia tarkastuspisteissä osapuolten työn tulokset yhdistetään *yhdistelmämalleiksi*. Nämä yhdistämispisteet sijoittuvat yleensä rakennushankkeen keskeisten valintojen ja päätöksenteon yhteyteen. Eri osapuolimallien yhdistämistä aikataulutettaessa tulee huomioida, että eri suunnitteluosapuolten työskentely kulkee yleensä eri tahdissa. Tästä johtuen hankkeen kaikkien osien tietosisältöä ei suunnittelun aikana ole mallinnettu samalla tarkkuudella. (Rakennustieto Oy 2010) Tietomallien yleinen sisältö on esitetty kuvassa 2.4.

Vaatusmallit	Suunnittelumallit	Toteutusmallit	Toteumamallit	Ylläpitomallit
<ul style="list-style-type: none"> • Tavoitteet • Rakennukselle • Rakennusprosessille • Vaatimukset • Rakennukselle • Tiloille • Rakennusosille 	<ul style="list-style-type: none"> • Suunnitteluratkaisut • Tilat • Rakennusosat • Tuoteosat 	<ul style="list-style-type: none"> • Rakentamisen toteutuksen suunnitelmat: • Tuoteosat • Rakentamisprosessi • Tehtävät • Resurssit • Ajoitus 	<ul style="list-style-type: none"> • Rakentamisen toteutussuunnitelmien lopullinen toteuma • Tuoteosat • Prosessitieto 	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen käytön ja ylläpidon ajantasaiset tiedot: • Ylläpidon toimenpiteet • Rakennuksen muutokset

Kuva 2.4. Tietomallintamisen vaiheet karkealla tarkkuusasteella (muokattu lähteestä Penttilä et al, s. 29).

Rakennushankkeet ovat aina erilaisia, mistä johtuen ne poikkeavat myös tavoitteissaan ja yksityiskohdissaan esimerkkihankkeista. Yleisten tietomallivaatimusten tavoitteena oli kuitenkin luoda yleiset toimintaohjeet, joita kaikissa tietomallihankkeissa noudatetaan soveltuvin osin. Seuraavaksi on kuvattu tietomallipohjaisen rakennushankkeen kulku YTV12 mukaan:

Tarveselvitys

Tarveselvitysvaiheen tarkoituksena on kartoittaa kiinteistön omistajan ja tulevan käyttäjän tarpeet ja tavoitteet. Selvitysten perusteella arvioidaan eri vaihtoehdot ja tehdään päätökset toimintamallista tavoitteiden saavuttamiseksi. Tarveselvitysvaiheessa tietomallilla ei yleensä ole geometrsta muotoa vaan se on ns. *vaatimusmalli*, jossa keskeisimmät tilavaatimukset on kirjattu sähköiseen muotoon. Oikein laadittuna vaatimusmallia voidaan käyttää läpi rakennusprojektin tilavaatimusten tarkastamiseen, ja keskeisten tilavaatimusten liittäminen sähköiseen tilaohjelmaan helpottaa merkittävästi niiden hallintaa suunnitteluprosessin aikana, ja mahdollistaa suunnitelmien vertailun vaatimuksiin. (COBIM 2012a) Tarveselvitysvaiheen tuloksena syntyy hankepäätös. (COBIM 2012b)

Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaiheessa tilaaja valmistelee hankesuunnitelman, jossa esitetään toiminnan omistajan ja kiinteistönpidon asettamat tavoitteet hankkeen suunnittelulle. Hankkeelle määritetään laajuus-, aikataulu-, kustannus-, ympäristö-, toiminnallisuus- ja erityistavoitteet. Tämän lisäksi määritellään hankkeen toteutustapa, organisointi sisältäen tietomallintamisen tehtävät, sekä ohjauksen periaatteet ja tehdään riskianalyysi. Hankesuunnitelmaan laaditaan kuvaus hankkeen tietomallinnuksesta ja sen laajuudesta. Tietomallinnuksen tavoitteet ja käyttötavat esitetään tietomallinnussuunnitelmassa. Arkkitehtisuunnittelu käynnistetään tässä vaiheessa, ja luodaan lähtötietomalli, mikäli sitä ei

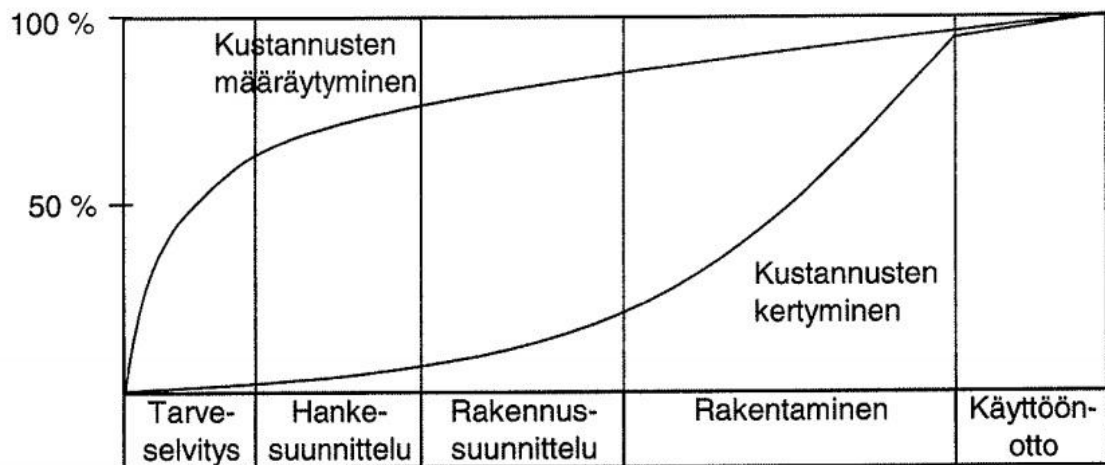
ole vielä tehty. Tietomallilla ei edelleenkään välttämättä ole geometrista muotoa, vaan se voi olla edelleen *vaatimusmalli*, jossa on esitetty keskeiset tilavaatimukset. Minimissään vaatimusmalli on taulukkomuotoinen tilaohjelma, johon rakennukseen, tilaryhmiin ja tiloihin kohdistuvat alustavat vaatimukset on kirjattu. (COBIM 2012b)

Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnitteluvaiheessa haetaan rakennukselle sopivinta perusratkaisua vaihtoehtoisilla suunnitelmilla karkealla tasolla siten, että vaihtoehtojen kokeilu ja testaus sekä laskennalliset analyysit ja simulaatiot ovat mielekkäitä järkevällä työmäärällä (Rakennustieto Oy 2010).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa arkkitehti mallintaa kohteen tilat rakennuksen massoitte-
lun ja ulkovaipan päätöksenteon kannalta riittävällä tarkkuudella. Tämän arkkitehdin luoman *tilamallin* tulee olla sellainen, että siitä saadaan automaattisesti tilojen käyttö-
tarkoitukset ja pinta-alat sekä rakennuksen tilavuus. (COBIM 2012a)

Ehdotussuunnittelussa kolmiulotteinen mallinnus ja vaihtoehtojen visualisointi nopeut-
tavat erilaisten ratkaisujen vertailua ja tuovat suunnitelmat konkreettiselle tasolle. Inves-
tointikustannusten lisäksi tähän tarkasteluun on hyvä sisällyttää myös rakennuksen elin-
kaarikustannukset ja ympäristövaikutukset. Näiden vertailu simulointeja käyttäen on
yksi keskeisimmistä yhdistelmämallien hyödyistä. Kattavat vertailut aikaisessa vaihees-
sa ovat tärkeitä, sillä rakennusprojektin kustannukset määräytyvät jo aikaisessa vaihees-
sa (ks. kuva 2.5), ja ehdotussuunnittelun aikana radikaalejakin muutoksia on vielä help-
po tehdä. (COBIM 2012a)



Kuva 2.5. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa (Kankainen & Junnonen 2001).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelija laatii alustavan rakennusosamallin arkkitehtimallin perusteella koko rakennuksesta, sekä rakennusosamallitasoiset tutkiel-
mat tyyppirakenteista. Talotekniset suunnittelijat laativat alustavat järjestelmämallit,

joissa kuvataan vähintään järjestelmien pääreitit, sekä tilaa vievät kanavat ja johtoreitit. (COBIM 2012a)

Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelun tarkoituksena on kehittää valittu ehdotussuunnitelma toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnittelun lähtökohtana on ehdotusvaiheessa valittu perusratkaisu, joka on tässä vaiheessa olemassa arkkitehdin tietomallina.

Yleissuunnittelussa arkkitehti kehittää ehdotussuunnittelussa valittua suunnitelmavaihtoehtoa alustavaksi rakennusosamalliksi. Yleissuunnitteluun kuuluvan luonnosvaiheen päättyessä tämän mallin tulee sisältää tilojen lisäksi myös vähintään:

- Kantavat rakenteet:
 - pilarit
 - palkit
 - laatat
 - seinät
- Seinät luokiteltuina päätyypeittäin:
 - ulkoseinä
 - kevyt väliseinä jne.
- Ikkunat ja ovet ilman tyyppitietoja.

Tässä vaiheessa mallin tarkkuuden tulee olla riittävä rakennusluvan hakemiseen tarvittavien piirustusten tuottamiseen. (COBIM 2012a)

Yleissuunnitteluvaiheessa rakennesuunnittelijan tulee varmistaa tietomallin avulla rakennejärjestelmän mitoitus, vaatimukset sekä vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Talotekniset suunnittelijat varmistavat tietomallin avulla järjestelmien tilantarpeet ja vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Malli sisältää pääkanavistojen sekä konehuoneiden tilantarpeet sillä tasolla, että tarvittavat tilavaraukset ja vaikutukset muuhun suunnitteluun pystytään arvioimaan. (COBIM 2012a) Yleissuunnitteluvaiheen tuloksena saatavat tietomallit sisältävät jo suurimman osan toteutussuunnitteluvaiheessa tarvittavasta tiedosta (COBIM 2012b).

Yleissuunnitteluvaiheessa tulee myös aloittaa eri suunnittelijoiden mallien yhteistarkastelu. Tietomallien yhdistäminen on yleensä joko pääsuunnittelijan tai tietomallikoordinaattorin vastuulla. (COBIM 2012a)

Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa tietomalleja kehitetään rakentamisen edellyttämään tarkkuustasoon, jotta niillä voidaan edetä tarjouslaskentavaiheeseen. (COBIM 2012b)

Toteutussuunnitteluvaiheen tietomallinnusmenettely on samanlainen kuin yleissuunnitteluvaiheessakin, mutta tuotettavan tiedon tarkkuustaso kasvaa huomattavasti. Kaikki suunnitelmat viimeistellään urakkatarjouspyynnöissä esitettyihin tarkkuustasoihin ja kaikki projektista luotavat mallit tarkentuvat yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla. Jokaisen suunnittelualan ajantasaiset mallit tulisi aina olla muiden saatavilla, mikä varmistetaan sopimalla riittävän tiheä tietomallien tallentaminen esimerkiksi projektipankkiin. Toteutusvaiheessa sopiva tallennusväli on noin viikon välein. (COBIM 2012a)

Toteutussuunnitteluvaiheen päättyessä arkkitehdin mallin on oltava *rakennusosamalli*, joka sisältää rakennusosat sellaisena kuin ne on tarkoitus toteuttaa. Tätä mallia tulee pystyä käyttämään määrälaskennan apuna ja suunnitelmien yhteensovittamisessa. Lisäksi se toimii pohjana kaikkien muiden suunnittelualojen malleille. Myös rakenne-suunnittelijan sekä taloteknisten suunnittelijoiden mallin tulee vastata arkkitehdin mallia, sekä niitä tulee voida käyttää määrälaskennassa sekä suunnitelmien yhteensovittamisessa. (COBIM 2012a)

Tässä vaiheessa suunnittelijoiden malleista tulee tehdä yhdistelmämalli, jonka avulla voidaan havainnollistaa suunnitelmia ja tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta. Tämän yhdistelmämallin laatimisesta vastaa tietomallikoordinaattori, joka on yleensä pääsuunnittelija tai ulkopuolinen konsultti. (COBIM 2012a)

Toteutus

Tietomalleja pystytään hyödyntämään työmailla tuotannon järjestämisessä. Hyödyntämismahdollisuuksia ovat mm. tietomallien visuaalisuus, minkä avulla voidaan havainnollistaa ja tarkastella kohdetta, mikä auttaa huomattavasti kohteeseen perehtymisessä ja työjärjestysten suunnittelussa ja töiden yhteensovittamisessa. Muita suurimpia hyötyjä ovat esimerkiksi tietomallista saatavat määräluettelot ja tietomallien hyödyntäminen toteumatilanteen havainnollistamisessa. (COBIM 2012a)

Tietomallien hyödyntämistä toteutusvaiheessa käsitellään tarkemmin alakappaleessa 2.2.3.

Vastaanotto

Tietomallinnuksen kannalta tärkeimmät toteutusvaiheessa tuotettavat asiat ovat *toteutumamallit* (ks. kuvat 2.3 ja 2.4) ja huoltokirja. Tietomallinnettavan rakennushankkeen lopussa tulee varmistaa, että rakentamisen aikana tehty muutokset on päivitetty malleihin ja että tietomallit vastaavat toteutunutta rakennusta. (COBIM 2012a)

2.2.3 Tietomallien hyödyntäminen rakentamisvaiheessa

Rakentamisessa tarvitaan lähtötietoina eri suunnittelualojen tietomalleja täydentämään suunnitelma-asiakirjoja, sekä pohjana tuotantotapahtumien mallintamiselle. Rakennus-

yritykset voivat hyödyntää tietomalleja rakentamisen valmistelu- ja rakentamisvaiheissa esimerkiksi näissä toiminnoissa:

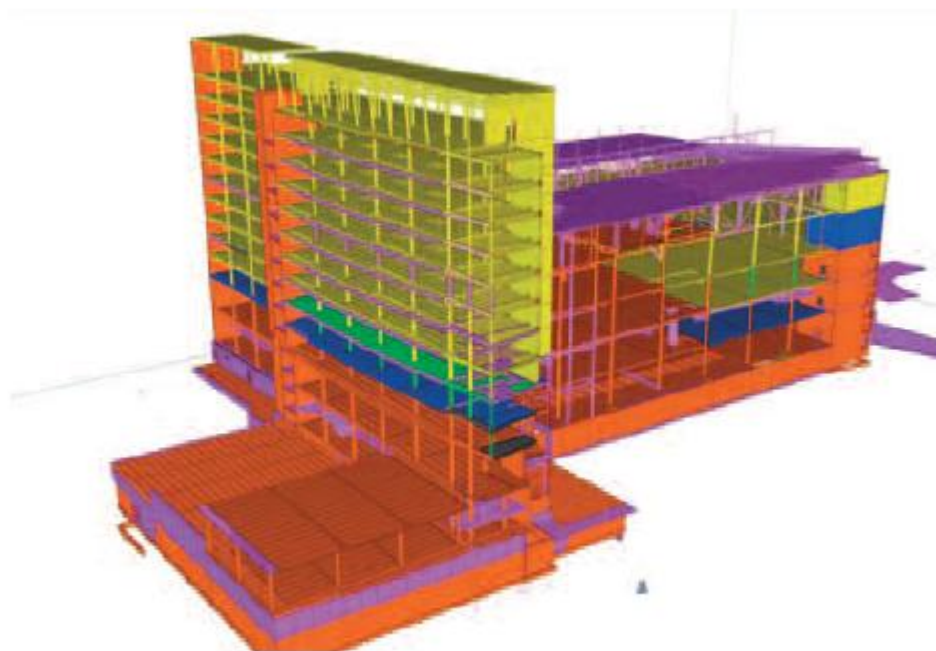
- kohteeseen ja sen suunnitelmiin perehtyminen,
- tarjousvaiheen, hankintojen ja työmaatoteutuksen tiedonhaku,
- määrien laskenta tarjouslaskentavaiheessa sekä rakentamisen aikana hankinnoissa ja tuotannonsuunnittelussa,
- rakentamisen aikainen toimintojen koordinointi ja tiedonvaihto,
- tuotannon 4D-aikataulutusta ja työjärjestysten suunnittelu, sekä toteumatilanteen havainnollistaminen,
- eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen mm. talotekniikan asennusjärjestysten ohjausta ja rakennettavuustarkasteluja varten,
- rakenteiden sijaintitiedon siirto mittalaitteisiin,
- työmaa-alueen käytön suunnittelu ja työturvallisuussuunnittelu.

Käytettävistä hyödyntämismahdollisuuksista sovitaan aina projektikohtaisesti.

Useimmat urakoitsijoiden käyttämät hyödyntämistavat liittyvät tuotannon organisointiin. Tietomallit tarjoavat keinoja rakennusprojektin havainnollistamiseen ja työnohjaukseen visuaalisuutensa avulla, ja nopeuttaa määrälaskentaa ja antaa tarkemman tuloksen edellyttäen, että malli on tehty oikein. Lisäksi määräluetteloita voidaan käyttää myös alihankintatarjouspyyntöjen aineistona.

Tietomallit tarjoavat erinomaisen tavan esittää rakentamisaikataulua. Rakennusosien ja järjestelmien suunnitellut asennusajankohdat lisätään tietomalliin projektin aikataulun kannalta kriittisten rakennusosien osalta. Tämä tietomallipohjainen aikataulu jaetaan hankkeen osapuolten käyttöön sovitussa muodossa. Tietomallipohjainen aikataulu voidaan esittää vain mallinnettujen rakenteiden osalta, ja niissäkin rakennekokonaisuuksien erittelytarkkuuden mukaisesti. Tästä johtuen malli tulee jaotella tuotannon ja aikataulutuksen vaatimusten mukaan, joista tulee sopia erikseen. (COBIM 2012c) Kohdeyrityksen tapauksessa rakennus on jaettu lohkoihin, jotka ovat edelleen jaettu pienempiin kuormiin, joiden rakenteet toimitetaan ja asennetaan omana kokonaisuutenaan.

Tietomallipohjaisessa aikataulussa voidaan esittää rakenteiden ja järjestelmien suunnitellut ja toteutuneet asennusajankohdat (ks. kuva 2.6). Tämä tehdään projektikohtaisesti sovituin aikavälein, ja toteumamalli tulee välittää sovituille osapuolille sovitussa tiedotomudossa ja sovitulla tavalla. (COBIM 2012c) Mallin tarkasteluun on olemassa ilmaisia ohjelmia, mm. kohdeyrityksen käyttämä Tekla BIMsight.

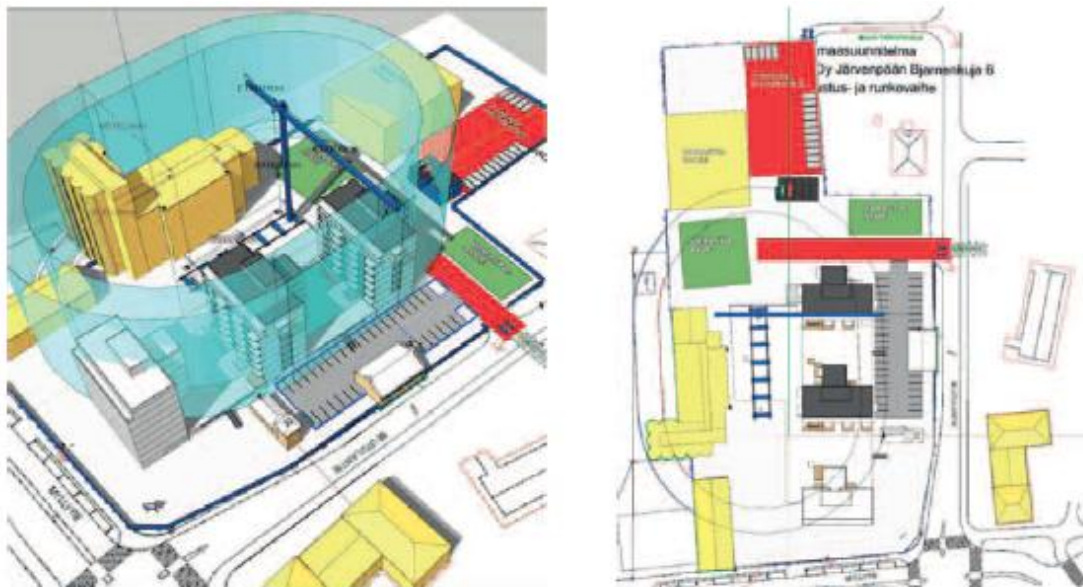


Kuva 2.6. Runkovaiheen tietomallipohjainen aikataulu. Eri värikoodit kuvaavat rakeneosien statusta. (SRV, Viihtymiskeskus Flamingo, Vantaa (COBIM 2012c))

Tietomalleja voidaan myös käyttää rakennustyömaan 3D-aluesuunnitelman mallinnukseen. Aluesuunnitelmassa esitetään työmaa-alue rakennuksineen sekä kaikki perinteisessä 2D-suunnitelmassakin olevat työmaan väliaikaiset varusteet, kulkutiet ja tilavaraukset joko täsmällisinä tai yksinkertaistettuina 3D-kappaleina. (COBIM 2012c) Valmiiksi mallinnettuja ilmaisia 3D-objekteja on saatavilla esimerkiksi Trimble 3D Warehousesta (Trimble 3D Warehouse 2014). Työmaan aluesuunnitelmassa esitetään alueen käyttäminen eri toimintoihin sekä työmaatoimintaa palvelevien toimintojen sijainti:

- työmaa-alue ja liittyvät kadut, sekä muu lähiympäristö johon työmaalla on vaikutusta,
- työmaan väliaikaiset rakenteet ja varusteet (koneet, työmaatilat, aitaukset, kulkuportit, kulku-, poistumis- ja pelastautumistiet),
- työmaan väliaikaiset tilanteet, esim. kaivannot ja materiaalin varastopaikat.

Näiden lisäksi tietomallipohjaisessa 3D-aluesuunnitelmassa havainnollistetaan riskialueita ja ulottuvuuksia, esim. nosturin ulottuvuus ja hälytysajoneuvoille varattu ajoväylä. (COBIM 2012c)



Kuva 2.7. 3D- ja 2D-aluesuunnitelmat. (NCC, As Oy Järvenpään Bjarnenkuja 6 (COBIM 2012c))

Tietomallintamalla on myös mahdollista parantaa työturvallisuutta kolmessa vaiheessa:

1. suunnittelemalla ja mallintamalla työn toteutus sekä eri vaiheissa työmaalla tarvittavat turvallisuusjärjestelyt ja käytettävät varusteet etukäteen,
2. varmistamalla että rakenne on turvallisesti toteutettavissa, ja että tarvittaville turvavälineille on suunniteltu ja mallinnettu rakenteisiin tarvittavat kiinnitysosat,
3. suunnitellut turvallisuusratkaisut on dokumentoitu riittävän havainnollisesti. (COBIM 2012c)

Perehdytyksellä ja työn ohjauksella voidaan varmistaa, että tiedot menevät turvallisuusratkaisujen toteuttamisesta vastaavalle henkilölle. 3D-esitystapa vahvistaa turvallisuuteen liittyvää kommentointia, ja mallin avulla pystyy havainnollistamaan suunniteltuja turvallisuusratkaisuja työntekijätasolle asti.

Työturvallisuuden suunnittelu liittyy erityisesti työ- ja asennusjärjestyksen suunnitteluun. Turvallisuuden suunnittelu on myös osa rakennesuunnittelua, sillä turvavälineiden kiinnitys voi edellyttää jo tehtaalla tai konepajalla asennettavia osia rakennusosiin. Mallinnettavia työturvallisuusratkaisuja ovat esimerkiksi putoamissuojaukseen käytettävät turvakaiteet, aukkosuojat, valjaiden kiinnityspisteet sekä turvaverkot. (COBIM 2012c)

2.3 Kaksi käsiteltävää tietomallinnusohjelmistoa

Tässä diplomityössä käsiteltäviä ohjelmia ovat kohdeyrityksessä käytössä olevat Tekla Structures ja Tekla BIMsight. Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti molempien ohjelmien oleelliset ominaisuudet ja käyttötarkoitukset kohdeyrityksen rakennushankkeis-

sa. Rakenteiden mallintamisen yksityiskohtia ei tässä diplomityössä työn rajauksista johtuen käsitellä.

2.3.1 Tekla Structures

Tekla Structures on 3D-mallinnusohjelma rakennusteollisuuden tarpeisiin; suunnittelijoille, projektihallintaan, tuotantoon, sekä työmaalle. Tekla Structuresilla on mahdollista mallintaa useita eri materiaaleja, kuten terästä, betonia ja puurakenteita. Tekla Structuresissa on ominaisuuksia usean eri käyttäjän yhtäaikaiseen mallintamiseen (Multi User modeling), rakenneanalyysiin ja -suunnitteluun, piirustusten luomiseen, sekä projektin etenemisen seurantaan. (Tekla Corporation) Valmistajan kotisivuilla Tekla Structuresin olennaisimmiksi hyödyiksi on lueteltu:

- ”Yhteistyö ja liitännät muihin ohjelmistoihin,
- Kaikkien materiaalien mallinnus,
- Kaikenkokoisten ja monimutkaistenkin rakenteiden mallinnus,
- Tarkat, toteutuskelpoiset mallit,
- Tiedonkulku suunnittelusta ja detaljoinnista aina työmaalle saakka.” (Tekla Corporation a)

Tekla Structures käyttää natiivimuotona db1-formaattia, mutta siihen pystyy myös tuomaan ja viemään ulos tiedostoja IFC-muotoisina. IFC-muodon lisäksi Tekla Structures tukee myös SDNF-, CIS/2-, DSTV-, IGES-, STEP-, DGN- ja DWG-muotoja. Kohdeyrityksessä Tekla Structuresia käytetään rakennesuunnitteluun ja projektihallintaan. Kuvassa 2.8 on esitetty mahdolliset mallin käytön osapuolet.



Kuva 2.8. Mallin käytön osapuolet. (Tekla Corporation)

User Defined Attributes (UDA)

Käyttäjän määrittelemät attribuutit (User Defined Attributes, UDA) sisältävät lisätietoa mallin objekteista. Ne ovat osien metatietoa, ja voivat sisältää numeroita, tekstiä, päivämääriä tai listoja. (Tekla Corporation a)

Piirustusten luonti

Tekla Structuresissa on mahdollista luoda konepaja- ja asennuspiirustuksia suoraan mallista käsin. Näin ollen piirustukset perustuvat aina mallitietoon ja ovat ajantasaisia. Tällä tavalla luodut piirustukset myös muuttuvat mallia muutettaessa. Piirustuksia voi hallita *Master Drawing Catalog*issa. (Tekla Corporation a)

Raporttien luonti

Tekla Structuresissa on mahdollista luoda listoja ja raportteja halutuista mallin ominaisuuksista tai osista. Listoja on mahdollista luoda esimerkiksi mallin kokoonpanoista, pulteista tai muista halutuista osista. Listoja voi luoda koko mallista tai halutusta mallin osasta. (Tekla Corporation a)

Phase Manager

Phase Managerin avulla malli voidaan jakaa osiin (phase). Osia käytetään yleensä asennusjärjestysten määrittämiseen. Osien avulla on mahdollista luoda raportteja ja näkymiä, piilottaa objekteja tai kopioida niitä eri malleista niiden osanumeron mukaan. Tämä on käytännöllistä erityisesti isoissa projekteissa, joissa useat eri henkilöt käyttävät mallia single-user tilassa. Osiointia voi näissä projekteissa käyttää esimerkiksi luomalla mallin, joka sisältää vain pilarit (phase 1). Tämä perusmalli kopioidaan muille käyttäjille, jotka voivat sitten mallintaa rakennuksen eri osia. Tämän jälkeen eri osat voidaan kopioida takaisin perusmalliin eri osana (phase). (Tekla Corporation a)

Project Status Visualization

Projektin statusvisualisoinnin avulla voi tarkastella mallin objekteja halutulla aikavälillä. Tämän työkalun välillä voi esimerkiksi tarkastella mallin asennusaikataulua antamalla erilaisille osille eri värit, tai määrittää valmistettavat elementit tietyssä aikaikkunassa. Tämän työkalun käyttö edellyttää, että mallille on annettu tietyt ehdot eri värien esitykseen perustuen objektien metatietojen päivämääriin. (Tekla Corporation a)

Task Manager

Task manager on työkalu urakoitsijoille, aliurakoitsijoille, ja projektipäälliköille. Task managerin avulla Tekla Structures -malliin voi lisätä aikataulutietoa, ja sen kautta pystyy hallitsemaan projektin aikataulua halutulla tarkkuustasolla projektin eri vaiheissa. Task managerilla pystyy luomaan, varastoimaan ja hallitsemaan aikataulutehtäviä, ja

liittää ne haluttuihin mallin objekteihin. Näiden tehtävien avulla on mahdollista luoda muokattavia mallinäkymiä ja 4D-simulaatioita projektin etenemisestä. Task manageriin on myös mahdollista tuoda tehtäviä ulkoisista ohjelmistoista, kuten Microsoft Office Projectista. (Tekla Corporation a)

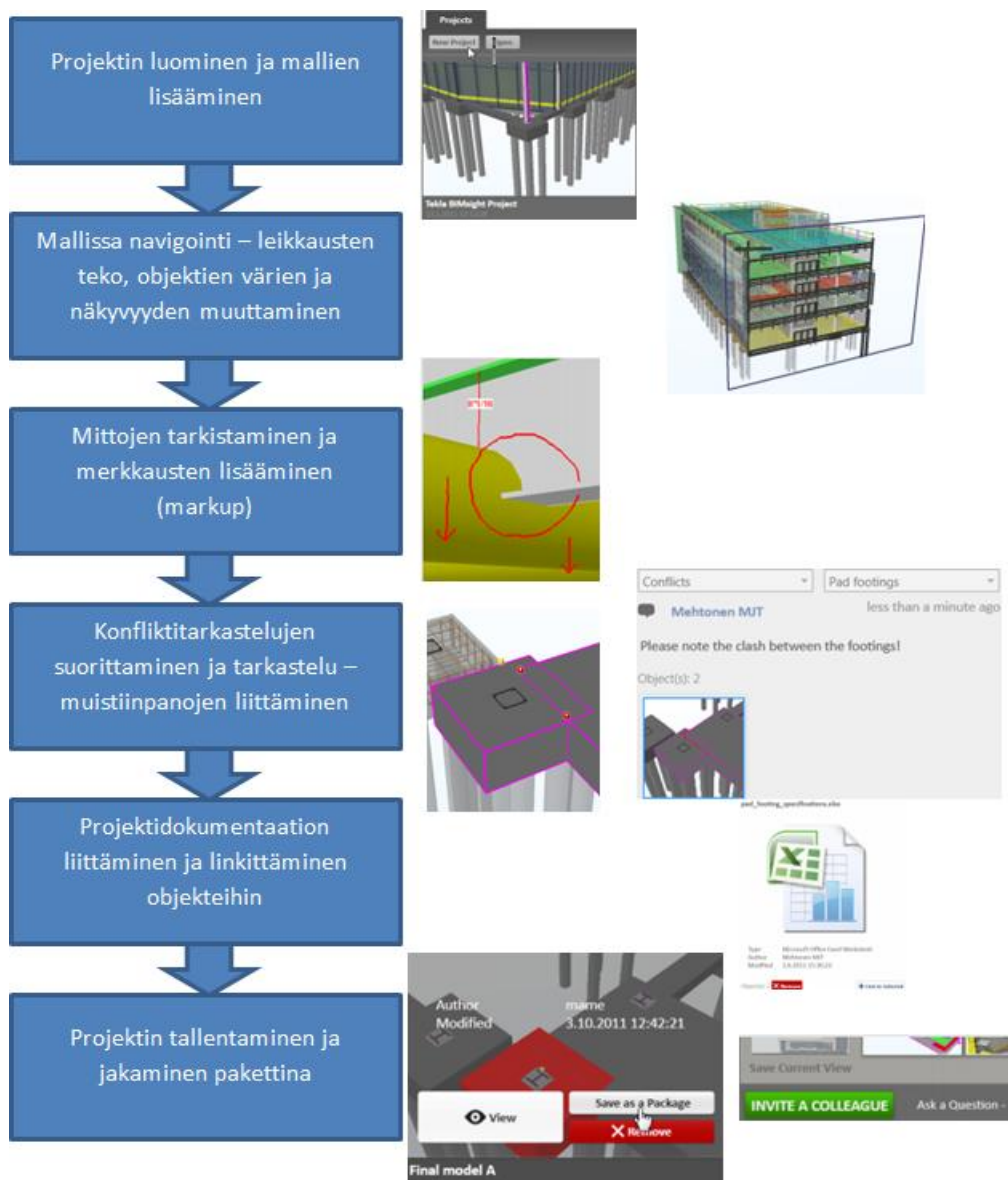
2.3.2 Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on ilmainen ammattilaistyökalu rakennushankkeen yhteistyöhön. Sen avulla pystyy yhdistämään eri suunnittelualojen tietomalleja, tekemään törmäystarkasteluja ja jakamaan informaatiota helppokäyttöisessä BIM-ympäristössä. Mallien yhdistämisen avulla eri osapuolet pystyvät tunnistamaan ja ratkaisemaan ongelmia jo suunnitteluvaiheessa. (Tekla Corporation 2015)

Tekla BIMsightin tärkeimmät toiminnot ovat:

- Projektien luominen ja niihin mallien lisääminen ja poistaminen,
- Tarkastelu, navigointi, ja etsiminen malleissa,
- Mallin objektien värin ja näkyvyyden muuttaminen,
- Ristiriitojen etsiminen visuaalisesti sekä työkalun avulla,
- Mittojen tarkistaminen mallista,
- Muistiinpanojen liittäminen projekteihin,
- Projektidokumentaation lisääminen malliin ja sen linkittäminen objekteihin,
- Mallin tiettyjen objektien korostaminen merkkamalla (markup).

BIMsightin käyttömahdollisuudet on esitetty kuvassa 2.9.



Kuva 2.9. BIMsightin pääominaisuudet. Muokattu lähteestä (Tekla Corporation 2015).

Tekla BIMsightin kanssa yhteensopivia tiedostoformaatteja ovat:

- IFC-tiedostot (*.ifc; *.ifcXML; *.ifcZIP)
- DWG-tiedostot (*.dwg)
- DGN-tiedostot (*.dgn)
- Sketchup-tiedostot (*.skp)
- IGES-tiedostot (*.igs; *.iges)
- STEP-tiedostot (*.step)
- Web viewer -tiedostot (*.xml)

Tekla BIMsightillä ei kuitenkaan pysty muokkaamaan mallien user defined attributeja (UDA), joten sen avulla ei pysty vaihtamaan asennettujen elementtien statustietoja ja seuraamaan asennuksen etenemistä sitä kautta.

2.4 Lean Construction

Lean (Lean production, Lean manufacturing) on alun perin Toyotan tuotantofilosofiaan (Toyota Production System, TPS) perustuva ajattelutapa. Leanin periaatteena on lähestyä toimintaa arvon tuottamisen kannalta koko toimitusketjussa. Arvolla tarkoitetaan usein asiakastytyvyyden kannalta oleellisia tuotteen tai toiminnan ominaisuuksia. Tämän pohjalta organisaatioiden toiminnoille on määritelty kolme eri kategoriaa, jotka ovat:

- arvoa tuottava,
- arvoa tuottamaton mutta välttämätön,
- arvoa tuottamaton toiminto. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Leanin näkökulmasta kaikki ne toiminnot, jotka eivät tuota lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta ovat hukkaa (waste). Toyotan tuotantofilosofian mukaisesti alkuperäiset hukan muodot ovat:

- 1) ylituotanto,
- 2) odottaminen,
- 3) turhat kuljetukset tai materiaalin siirrot,
- 4) väärä tai yliprosessointi,
- 5) liian suuret varastot,
- 6) turhat liikkeet,
- 7) virheet. (Womack & Jones 2003)

Eräs merkittävä hukan aiheuttaja on hajonta tuotteissa ja toiminnassa. Esimerkkinä voidaan mainita huonon prosessin seurauksena syntyvät komponentit, jotka ylittävät toleranssit ja joudutaan korjaamaan tai hylkäämään. Rakennusallalla toimintatapojen suuri hajonta aiheuttaa paljon hukkaa. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Edellytyksenä maksimoida arvoa ja eliminoida arvoa tuottamattomia toimintoja on valmentaa ihmiset ymmärtämään ja näkemään omassa työssään esiintyvää hukkaa. Osaavat ihmiset tarvitsevat työssään hajonnan pienentämiseksi avuksi erilaisia työkaluja ja toimintatapoja sekä toimintatapojen standardointia, joiden avulla hukan eliminointia voidaan helpottaa. Toyotan tuotantofilosofiaan kuuluu myös se, että he suhtautuvat alihankkijoihinsa samalla tavalla kuin omiin resursseihinsa. Alihankkijoilta odotetaan samaa tuotannon tehokkuutta kuin omalta organisaatiolta, ja vastineeksi Toyota tarjoaa omaa osaamistaan auttamaan alihankkijoitaan pääsemään tavoitteiden vaatimalle tasolle.

Lean Construction on Lean-filosofian ja TPS:n periaatteista sovellettu ajattelutapa rakennusalan organisaatioille. Vaikka rakentaminen luonteenlaadultaan eroaa paljonkin muista teollisuuden aloista, sen soveltaminen rakentamiseen ei ole haastavampaa kuin muuallakaan. (Merikallio & Haapasalo 2009) Lean-ajattelua noudattavia rakentamiseen

tarkoitettuja työkaluja ja metodeja on kehitetty vuodesta 1997 jolloin Lean Construction Institute (LCI) perustettiin kehittämään rakennusprojektien työnjohtoa ja tuottamaan uutta tietoa. Nämä aiheet valittiin, koska työn johto rakennusprojekteissa nähtiin pakottamisena sopimusten kautta, sen sijaan että olisi keskitytty tuotantosysteemin periaatteiden ja käytäntöjen parantamiseen. (Lean Construction Institute) Lean Construction Instituutteja on monissa eri maissa, ja yritykset ja tutkimuslaitokset kehittävät, testaavat, sekä ottavat käyttöön uusia työkaluja näiden alaisuudessa. Suomeen perustettiin LCI-Finland elokuussa 2008, sen tehtäviin kuuluu heidän kotisivujensa mukaan:

- ”jakaa tietoa kotimaisista ja kansainvälisistä tutkimus- ja soveltamistuloksista
- järjestää vuosittain seminaareja ja työpajoja
- organisoida ja tukea tutkimushankkeita
- järjestää Lean Construction ja Last Planner perehdyttämistilaisuuksia
- järjestää kansainvälisiä opintomatkoja Lean Construction –tapahtumiin ja yrityksiin.” (Lean Construction Institute)

Lean Constructionin käyttö rakennustoiminnan kehittämisen periaatteena leviää ympäri maailmaa. Lean Construction Instituutit ovat osoittaneet, että Leania hyödyntämällä rakennusprojektin kustannuksia voidaan vähentää projektista riippuen jopa 10-40%. (Merikallio & Haapasalo 2009)

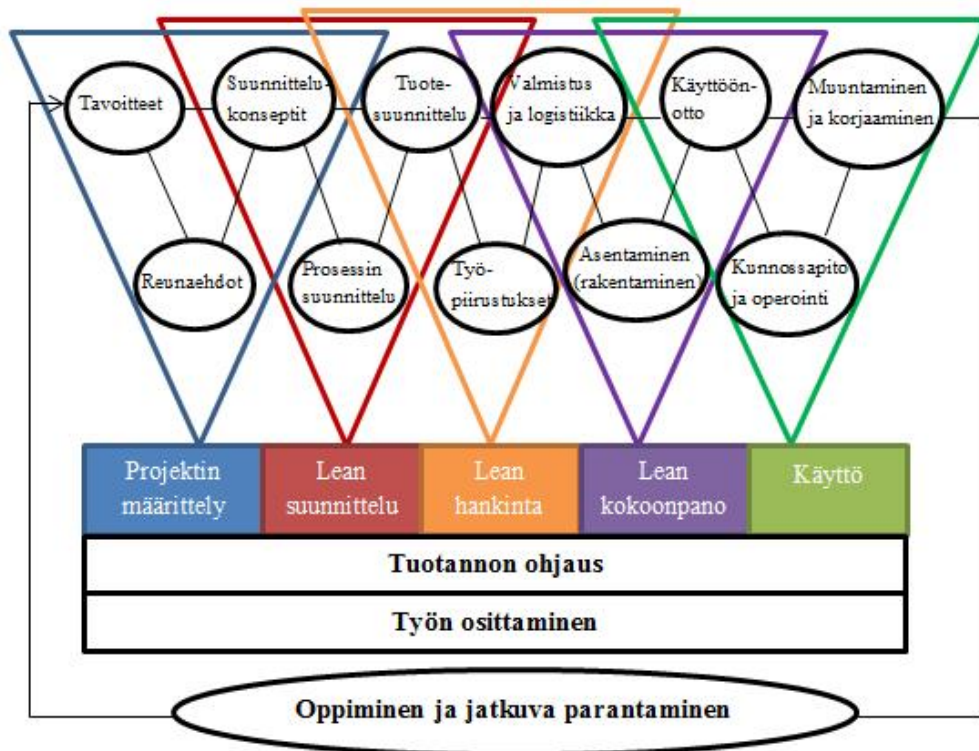
2.4.1 Leanin keskeisiä periaatteita ja työkaluja

Tässä kappaleessa on esitelty tutkimuksen kohteen ja tutkimuskysymysten kannalta olennaisia Leanin periaatteita ja työkaluja.

- (1) **Hukka (japaniksi muda)** - Eräs lean-filosofian tärkeimpiä seikkoja on erilaisen hukatekijöiden poistaminen sekä yrityksen sisältä että sidosryhmien väliltä. Hukka tarkoittaa toimintoja, jotka eivät tuo asiakkaan näkökulmasta lisäarvoa tuotteeseen. Hukan poistaminen organisaatiosta on hyvä esimerkki kustannustehokkaasta ja järkevästä lähestymistavasta organisaation toiminnan tehostamiseksi. Perinteisesti hukkaa on tuotteeseen käytetty aika, materiaali, työntekijät, koneet ja tehty työ, jotka eivät luo lisäarvoa tuotteelle asiakkaan näkökulmasta. TPS:n mukaiset alkuperäiset 7 hukan muotoa on listattu kappaleessa 2.4. (Merikallio & Haapasalo 2009)
- (2) **Just-in-time (JIT)** - Just in Time -tuotannon tarkoituksena on valmistaa ja kuljettaa vain se määrä mitä tarvitaan, silloin kun tarvitaan ja sinne missä tarvitaan mahdollisimman nopeasti. Tehdastuotannossa tämä tarkoittaa sitä, että tuotteet valmistetaan asiakkaan tilauksesta ja ylimääräisiä varastoja ei pidetä. Jotta yritys voi saavuttaa JIT:n mukaisen tuotannon, sen tulee luoda virtaus tuotantoon, synkronoida tuotantomäärä asiakaskysynnän mukaan, sekä kontrolloida tuotantoa imun avulla. (Drew et al. 2004; Merikallio & Haapasalo 2009) Kohdeyrityksen toiminnassa JIT on erityisen tärkeässä roolissa: asennuksen jatkumisen ta-

kaamiseksi tulee oikeat elementit valmistaa oikeassa järjestyksessä, sekä kuljettaa työmaalle ja asentaa ilman suuria varastoja työmaalla. Just in Time -periaatetta voi myös soveltaa informaation kulkuun organisaatiossa.

- (3) **5 x Why (Viisi kertaa miksi)** - 5 x Why on ongelmanratkaisumenetelmä, jonka avulla voidaan löytää juurisyyt todettuihin ongelmiin. Menetelmän periaatteena on yksinkertaisesti kysyä ”miksi?” niin kauan, että konkreettinen ja muutettavissa oleva ongelmanaiheuttaja löytyy. Menetelmän nimessä numero 5 on viitteellinen, sillä ongelma voi ratketa jo muutamalla kysymyksellä tai vaatia huomattavasti enemmän. Periaatteena on, että ongelmanratkaisussa ei tyydytä ensimmäiseen vastaukseen vaan haetaan syitä kauempaa prosessista. (Merikallio & Haapasalo 2009)
- (4) **Lean Project Delivery System (LPDS)** - Lean Construction -instituuttien missona on kehittää uusi tapa suunnitella ja toteuttaa rakennusalaalla pääomia vaativia investointeja, tätä tapaa kutsutaan LPDS:ksi. Siinä kuvataan ne vaiheet, joilla tuotteet ja palvelut toimitetaan asiakkaalle projektina alkaen projektin määrittelystä ja päättyen investoinnin käyttöönottoon sen suunnittelussa tarkoituksessa huomioiden elinkaaren vaatimukset muunneltavuudelle. (Ballard 2000) Lean-projektin toimitussysteemin ihannetilanne on sama kun Leanissa: pyritään toimittamaan asiakkaalle täydellinen tuote projektitoimituksena ilman hukkaa ja tavoitellen täydellisyyttä (Merikallio & Haapasalo 2009). LPDS-mallin mukainen projektin kulku on esitetty kuvassa 2.10.



Kuva 2.10. Lean Project Delivery System -projektin toimitusmalli. (Mukailtu lähteestä (Merikallio & Haapasalo 2009))

LPDS-projektin toimitussysteemin ideaalutilanne on sama kuin leanissa: toimittaa asiakkaalle virheetön tuote projektitoimituksena, ilman hukkaa ja tavoitellen täydellisyyttä.

Edellä olevan kuvan mukaisesti **projektin määrittely** koostuu asiakastarpeiden ja -arvojen, suunnittelukriteerien, reunaehtojen, sekä suunnittelukonseptien määrittämisestä. **Lean suunnitteluun** kuuluu konseptuaalinen suunnittelu, tuotteen suunnittelu, sekä tuotannon suunnittelu. **Lean hankinta** koostuu tuotesuunnittelusta, detajisuunnittelusta, sekä tuotteen valmistuksesta ja logistiikasta. **Lean kokoonpano / rakentaminen** sisältää valmistamisen ja logistiikan, asennuksen sekä testauksen ja käyttöönoton. **Käyttöön** kuuluu testaus ja käyttöönotto, kunnossapito, sekä kohteen muuntaminen ja korjaus. (Merikallio & Haapasalo 2009)

LPDS on projektitoimituksen kehittämiseen ja jatkuvaan parantamiseen tähtäävä kokonaisuus. Jokaiseen vaiheeseen on mahdollista soveltaa Lean-filosofiaa, ja sen periaatteita ja työkaluja. Eri vaiheisiin on myös kehitetty ja sovellettu projektiliiketoimintaan soveltuvia päätöksentekoprosesseja ja työkaluja. Eniten näitä on sovellettu Last Planner Systemin mukaisessa projektin aikaisessa tuotannonohjauksessa. (Merikallio & Haapasalo 2009)

2.5 BIM-maturiteettimallit

2.5.1 Yleistä

Viime vuosikymmenten ICT-kehitys on vaikuttanut myös voimakkaasti rakentamiseen liittyviin toimintoihin. Penttilän (2006) mukaan ICT:n kehitys on edesauttanut suunnittelijoiden lisäksi voimakkaasti myös urakoitsijoiden mahdollisuuksia hallita monimutkaisempia rakennusprojekteja. Penttilän mukaan ICT- ja CAD-työkalujen kehitystä voidaan analysoida yrityksen ja projektin näkökulmasta. Yrityksen näkökulmasta ICT:tä käytetään informaation ja datan käsittelyyn, ja on osoitettu että kehittyneet ohjelmat ja mallintaminen voivat olla taloudellisesti kannattavia strategisia päätöksiä. Projektin näkökulmasta ICT:tä ja mallintamista on käytetty rakentamisprosessien päätöksentekoon ja kehittämiseen sekä rakennusosien tiedonhallintaan. Penttilä mainitsee myös kohdeyrityksenkin käyttämän *Tekla Structuresin* esimerkkinä näistä ohjelmista. (Penttilä 2006)

Monet yritykset ja organisaatiot ovat pyrkineet kuvaamaan yrityksen tai projektin tietomallintamisen omaksumistasoa. Näitä kuvauksia kutsutaan yleisesti maturiteettimalleiksi. Maturiteettimalleja ovat esimerkiksi:

- Arup BIM Maturity Assessment
- Penn State University Organisational BIM Maturity
- US National BIM Standard (Capability Maturity Model)
- Bilal Succarin BIM Framework

- Bew-Richards BIM Maturity Model.

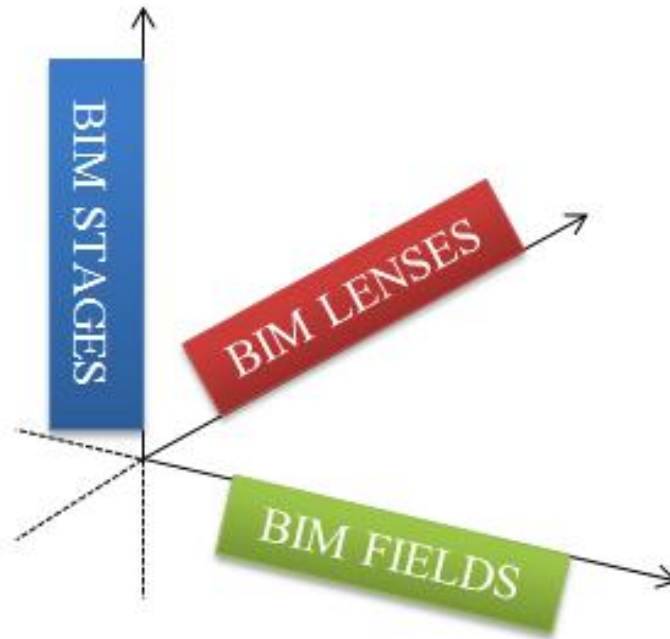
Yhteistä näille malleille on se, että yrityksen tai projektin BIM-maturiteettia kuvataan eri tasoilla. Lähtötasona on tilanne, jossa tietomallinnusta ei hyödynnetä lainkaan, ja lopputasona on tilanne, jossa tietomallintaminen on täysin optimoitu ja integroitu osa yrityksen toimintaa tai projektia. Alku- ja lopputason välissä on maturiteettimallista riippuen tietty määrä tasoja, joissa tietomallinnusta hyödynnetään enenevässä määrin. Tähän diplomityöhön on valittu Bilal Succarin väitöskirjatyönään kehittämä BIM Framework. (Succar 2009)

2.5.2 BIM Framework ja maturiteettimatriisi

Bilal Succarin vuonna 2009 esittelemä *BIM Framework* (2009) ja vuonna 2010 esitelty *Building Information Modelling Maturity Matrix* (2010) ovat työkaluja organisaatioiden ja yritysten tietomallinnusstatuksen arvioimiseen ja kehitykseen. BIM Frameworkissa Succar kuvaa tietomallintamisen:

- Toimintakentät (BIM Fields)
- Tasot (BIM Stages)
- Linssit (BIM Lenses)
- Askeleet tasojen välillä (Steps)
- Projektin elinkaaren vaiheet (Project Lifecycle Phases)
- Tietomallintamiseen liittyvän ontologian.

Succarin *Framework* kuvaa tietomallintamisen kolmiulotteisesti, jossa x-akselilla on *Toimintakentät (BIM Fields)*, y-akselilla *Tasot (BIM Stages)*, sekä z-akselilla *Linssit (BIM Lenses)*. Tämä on esitetty kuvassa 2.11.



Kuva 2.11. Succarin BIM Frameworkin 3D-malli. (Muokattu lähteestä (Succar 2010)).

Toimintakentät (BIM Fields)

Succarin mallissa on kolme toisiinsa liittyvää, mutta kuitenkin erillistä, toimintakenttää. Nämä toimintakentät ovat *teknologia*-, *toimintatapa*, sekä *prosessikenttä*. Jokaisella kentällä on lisäksi omat toimijansa ja tuotteensa. Näitä toimijoita on esitetty seuraavassa taulukossa 2.2. Kentät voivat myös limittyä toisiinsa, esimerkkinä voidaan mainita IFC-standardi, joka vaatii tutkijoiden (toimintatapakenttä) ja ohjelmistokehittäjien (teknologiakenttä) yhteistyötä. (Succar 2010)

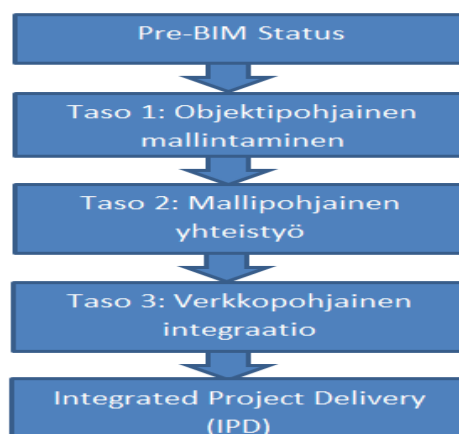
Taulukko 2.2. Toimintakenttien tuotteita ja toimijoita. (Muokattu lähteestä (Succar 2010))

	Teknologiakenttä	Toimintatapakenttä	Prosessikenttä
Toimijat	Ohjelmisto- ja laitevalmistajat	Koulutus- ja tutkimuslaitokset, vakuutusyhtiöt, päätäntäelimet	Rakennusprojektien osapuolet ja rakennusosatoimittajat
Tuotteet	Tietomallintamiseen ja verkkoyhteyksiin liittyvien ohjelmistojen ja laitteiden valmistajat ja ylläpitäjät.	Koulutus, tutkimustulokset, säädökset ja standardit	Tietomallit, piirustukset, dokumentit, komponentit

Tasot (BIM Stages)

Tasot (BIM Stages) määrittelevät merkittävimmät virstanpylväät, jotka yrityksen tai organisaation tulee saavuttaa ottaessaan käyttöön tietomallinnustekniikoita ja -konsepteja. Tasot määrittelevät aloituspisteen (pre-BIM status), joka on taso ennen tietomallintamisen käyttöönottoa, kolme erillistä tasoa, sekä vaihtuvan lopetuspisteen, joka mahdollistaa ennustamattoman teknologian kehityksen vaikutuksen lopetuspisteeseen. Tietyn tason saavuttaakseen organisaation täytyy täyttää tason minimiedellytykset

Succar käyttää lopetuspisteen määrittelyyn *The American Institute of Architects* (AIA) (The American Institute of Architects 2007) lanseeraamaa termiä *Integrated Project Delivery* (IPD). IPD on AIA:n mukaan projektitoimitusmenetelmä, joka integroi projektin henkilöstöresurssit, järjestelmät, yritysjärjestelmät sekä toimintatavat prosessiksi, joka valjastaa käyttöön kaikkien toimijoiden taidot ja näkemykset projektin onnistumisen optimoimiseksi. Tämän lisäksi IPD lisää AIA:n mukaan asiakkaalle tuotettavaa arvoa, vähentää hukkaa, sekä maksimoi tehokkuutta suunnittelussa, tuotannossa, ja rakentamisessa. (The American Institute of Architects 2007) Succarin määrittelemät tasot ja lopetuspiste on esitetty kuvassa 2.12.



Kuva 2.12. BIM Frameworkin tasot (BIM Stages). (Muokattu lähteestä (Succar 2010))

Succarin BIM Frameworkin tasot on määritelty minimivaatimuksilla. Esimerkiksi yrityksellä tulee olla käytössä objektipohjainen mallinnusohjelmisto, jotta se voidaan ajatella saavuttaneen tason 1. Tason 2 saavuttamisen edellytyksenä on, että organisaatio on osana monialaista mallipohjaista yhteistyöprojektia. Tason 3 saavuttamiseksi organisaation tulee käyttää verkkopohjaista ratkaisua, esimerkiksi malli- tai pilviserveriä, jakaakseen objektipohjaisia malleja vähintään kahden muun suunnittelualan kanssa. Näitä tasoja on kuvattu tarkemmin seuraavissa kappaleissa. (Succar 2009)

Pre-BIM Status

Tässä tilassa rakennusprojekti on esitetty pitkälti 2D-dokumentaationa, vaikka rakennus on aina 3D-kokonaisuus. Vaikka 2D-dokumenteista luotaisiin joitain 3D-visualisaatioita, ne ovat usein huonosti yhteensopivia ja riippuvaisia 2D-dokumenteista ja detaljeista. Määrälaskenta ja kustannusarviointi eivät olla peräisin visualisoidusta mallista, eivätkä ole yhteydessä muuhun dokumentaatioon. Yhteistyö projektin osapuolten välillä ei ole optimaalista. Pre-BIM olosuhteissa projekti kärsii teknologian puutteesta ja eri osapuolten työpanosten yhteensopimattomuudesta. (Succar 2009)

Taso 1: Objektipohjainen mallintaminen

Tällä tasolla organisaatio on ottanut käyttöön objektipohjaisen 3D-mallinnusohjelman, esimerkiksi ArchiCAD, Revit, Digital Project, tai kohdeyrityksen käyttämä Tekla Structures. Ensimmäisellä tasolla käyttäjät luovat yhden suunnittelualan malleja jostakin Succarin projektin elämänvaiheesta (Project Lifecycle Phases) – suunnittelu, rakentaminen tai ylläpito. Mallintamisen tuotteita ovat arkkitehdin ja yksittäisten suunnittelualojen mallit, joita käytetään 2D-dokumentaation automaattiseen luomiseen sekä 3D-visualisointiin. Muita tuotteita ovat yksinkertaiset määrä- ja kustannustiedot, sekä kevyet 3D-mallit (3D DWF, 3D PDF, NWD), jotka eivät kuitenkaan sisällä käyttäjien muuteltavissa olevia attribuutteja (User Defined Attribute, UDA). Yhteistyökäytännöt tällä

tasolla ovat samalla tasolla kuin Pre-BIM olosuhteissa, ja mallipohjaista yhteistyötä eri suunnittelualojen välillä ei juuri ole. (Succar 2009)

Taso 2: Mallipohjainen yhteistyö

Ensimmäisellä tasolla saavutetun yhden suunnittelualan mallinnusosaamisen jälkeen tasolla 2 ollaan aktiivisessa yhteistyössä muiden suunnittelualojen edustajien kanssa. Yhteistyötä voidaan tehdä monella eri tavalla, riippuen osallistujien BIM-mallinnusohjelmien valinnoista; joko ohjelmistoilla, jotka tukevat samaa tiedostoformaattia (esim. *.db1), tai eri tiedostoformaattia käyttävien ohjelmistojen välillä käyttäen IFC-formaattia. Mallipohjaista yhteistyötä voi tehdä yhden tai kahden projektin elinkaaren vaiheen (suunnittelu, rakentaminen, ylläpito) välillä. Esimerkiksi kohdeyrityksen tapauksessa yhteistyötä tapahtuu arkkitehtisuunnittelun ja rakennesuunnittelun (suunnittelu-suunnittelu), sekä teräsrakennesuunnittelun ja asennuksen (suunnittelu-rakentaminen) välillä. Tämän tason yhteistyömallien tulee sisältää tarkkaa 3D geometrista dataa, jotta mallia voi merkityksellisesti käyttää eri suunnittelualojen välillä. Yleensä tämän tason mallit mahdollistavat myös 4- ja 5D -tarkastelun (aikataulu- ja kustannusarviot). (Succar 2009)

Tällä tasolla kommunikaatio eri osapuolten välillä on edelleen epäsynkronisoitua, mutta Pre-BIM olosuhteille ominaiset jakoviivat eri suunnittelualojen ja projektin elinkaaren vaiheiden välillä alkavat häipyä. Joitakin sopimuksellisia seikkoja tulee muokata, kun mallipohjainen tiedonvaihto korvaa dokumenttipohjaista. (Succar 2009)

Taso 3: Verkkopohjainen integraatio

Tällä tasolla luodaan, jaetaan ja ylläpidetään yhteistyössä paljon tarkoituksenmukaista dataa sisältäviä integroitua malleja kaikkien projektin elinkaaren vaiheiden ajan. Tällainen yhteistyö voidaan saavuttaa malliserveriteknologioiden (esim. pilvipalveluiden) avulla, joihin tarkoituksenmukaiset projektin osapuolet pääsevät käsiksi. Tason 3 malleista tulee suunnittelualojen välisiä, moniulotteisia nD-malleja, jotka mahdollistavat monimutkaisetkin analyysit virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen alkuvaiheessa. Tällä tasolla mallin tuotteet sisältävät objektien geometrinen tietojen lisäksi liiketoimintatietoja, Lean-filosofian hyödyntämistä, ympäristötietoutta, sekä rakennuksen koko elinkaaren kustannuksia. Prosessinäkökulmasta malli- ja dokumenttidatan synkronoitu tiedonvaihto limittävät projektin elinkaaren vaiheet, luoden vaiheettoman prosessin. (Succar 2009)

Integrated Project Delivery (IPD)

Succar käyttää viimeisenä tasona *The American Institute of Architects*in määrittelemää termiä *Integrated Project Delivery (IPD)*. Succarin näkemyksen mukaan sitä voidaan käyttää kuvaamaan tietomallintamisen pitkän tähtäimen maalina; teknologioiden, prosessien ja toimintatapojen yhdistelmänä. Kuten aiemmin jo todettiin, AIA:n mukaan

IPD voidaan nähdä menetelmänä, joka integroi projektin kaikki resurssit optimaalisella tavalla tuottaakseen asiakkaalle maksimaalisen arvon. Succarin mielestä IPD tietomallintamisen tavoitetasona on osuva, sillä se on tarpeeksi väljä salliakseen teknologioiden ja prosessien kehityksen. Se ei myöskään sulje pois muita näkökulmia. Polku määritelystä Pre-BIM tasosta väljästi määriteltyn IPD:hen on yritys sisällyttää kaikki tietomallintamisen visiot, riippumatta niiden alkuperästä. (Succar 2009)

Linssit (BIM Lenses)

Linssit ovat toisistaan erillisiä analyysin tasoja, joita sovelletaan *tasoihin* ja *kenttiin* (ks. kuva 2.11). Niiden avulla voidaan hallita tietomallintamisen kompleksisuutta poistamalla ylimääräisiä tasoja ja tarpeettomia detaljeja. Linssien avulla aihealueen tutkijat voivat keskittyä mihin tahansa haluamaansa rakennusteollisuuden aspektiin. (Succar 2009) Linssit toimivat siis eräänlaisena aihealueen rajaustyökaluna. Tässä diplomityössä keskitytään tietomallien hyödyntämiseen työmailla ja projektinhallinnassa.

Maturiteetti-indeksi

Toimintakenttien, tasojen ja linssien lisäksi Succar esittelee *BIM Maturiteetti-indeksin* (*BIM Maturity Index*) (Succar 2010), joka on luotu analysoimalla ja yhdistelemällä useita malleja eri teollisuuden aloilta. Indeksien maturiteettitasot kuvaavat mallinnusosaamisen kehittyneisyyttä, tuotteita ja niiden vaatimuksia. Succar on valinnut indeksiinsä viisi erillistä tasoa, jotka ovat:

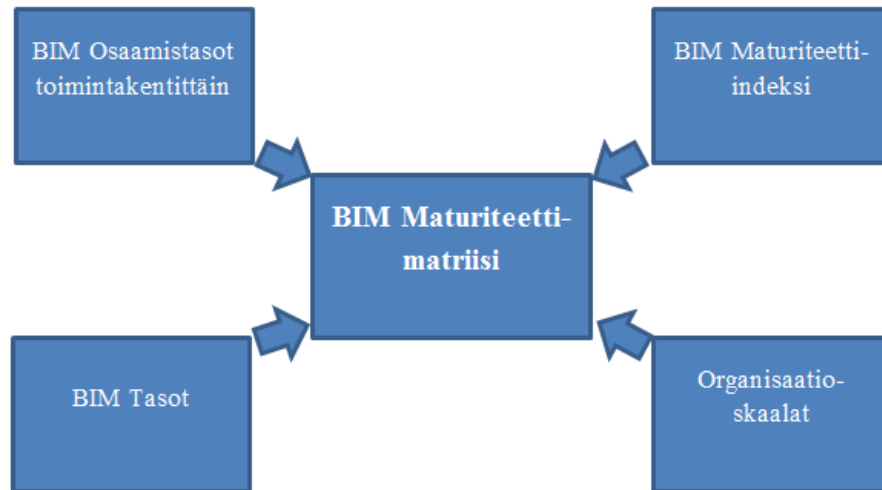
1. Alkutila (Initial)
2. Määritely (Defined)
3. Hallittu (Managed)
4. Integroitu (Integrated)
5. Optimoitu (Optimised).

Maturiteettia ei *tasojen* (*BIM Stages*) tapaan määritellä vähimmäisvaatimuksin, vaan sen mukaan miten *kehittynyt* tai miten pitkällä mikäkin tietomallinnuksen aspekti on.

Kappaleessa 2.1 todettiin rakennusprojektien ainutkertaisuus. Kuitenkin rakennusprojekteissa on aina jossain määrin samat vaiheet. Succar määrittelee Frameworkissaan myös *organisaatioskaalat* (*BIM Organisational Scales*), jonka tarkoituksena on huomioida tätä rakennusprojektien ainutkertaisuutta. Rakennusprojektien erilaisuuteen vaikuttaa useat seikat, kuten erilaiset projektitiimit ja työmaan sijainti sekä olosuhteet. Projektien samankaltaisuuteen taas vaikuttavat pitkäaikaiset näkemykset siitä, miten rakennusprojekteja tulee hoitaa, tietyssä määrin vakaat organisaatorakenteet, hitaasti vaihtuvat koulutukselliset konseptit sekä riskejä karttavat vakuutuskäytännöt. (Succar 2010) Succarin organisaatioskaalat ottavat nämä seikat huomioon, mutta tämän tutkimuksen kannalta niiden mukaanotto ei ole tutkijan näkökulmasta mahdollista tai tarkoituksenmukaista.

BIM Maturiteettimatriisi (BIM Maturity Matrix)

BIM Maturiteettimatriisi on työkalu, joka yhdistää useita BIM Frameworkin komponentteja, ja mahdollistaa näin ollen organisaation tietomallintamisen tehokkuuden mittaamisen ja parantamisen. Maturiteettimatriisi koostuu kuvan 2.13 mukaisista osista. Taulukossa 2.3 on esimerkki maturiteettimatriisista.



Kuva 2.13. BIM Frameworkin tasot (BIM Stages). (Muokattu lähteestä (Succar 2010))

Taulukko 2.3. Succarin BIM Maturiteettimatriisi (poislukien organisaatioskaala). (Muokattu lähteestä (Succar 2010))

		1	2	3	4	5
		Alkutila	Määritelty	Hallittu	Integroitu	Optimoitu
Teknologia	Ohjelmistot					
	Laitteisto					
	Verkot					
Prosessit	Infrastruktuuuri					
	Tuotteet ja palvelut					
	Henkilöstö					
	Johtajuus					
Toimintatavat	Säännökset					
	Sopimukset					
	Koulutus ja kehitys					
Taso	1 / 2 / 3					

3. TUTKIMUS TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISESTÄ KOHDEYRITYKSESSÄ

3.1 Tutkimusmenetelmän esittely

Tässä diplomityössä suoritettiin tutkimuksen tavoitteiden kannalta, sekä kirjallisuuskatsauksessa ilmenneiden seikkojen perusteella haastatteluja kohdeyrityksen projektihenkilöstön kanssa. Haastattelut olivat luonteeltaan Hirsjärven ja Hurmeen kirjassaan ”Tutkimushaastattelu – Teemahaastattelun teoria ja käytäntö” (2011) kuvaamia *teemahaastatteluja*.

Teemahaastattelu on luonteeltaan empiirinen, kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä. Teemahaastattelu on luonteeltaan puolistrukturoimaton, ja siinä ei ole tiukasti ennalta määritettyä kysymyslistaa lomakehaastattelun tapaan. Teemahaastattelussa edetään teemoittain, mikä vapauttaa tutkimuksen tutkijan näkökulmasta ja tuo haastateltavan kokemukset ja näkökulmat paremmin esille. Teemahaastattelu huomioi sen, että ihmisten tulkinat asioista sekä heidän asioille antamansa merkitykset ovat keskeisessä roolissa. (Hirsjärvi & Hurme 2011) Eskolan ja Suorannan mukaan kysymysten tulee olla kaikille haastateltaville samat, mutta vastausvaihtoehtoja ei ole määriteltä, ja niihin saa vastata omin sanoin. (Eskola & Suoranta 2000)

3.2 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusta varten valittiin kohdeyrityksestä viisi eri projektia, jotta tutkimuskysymysten kannalta oleelliset seikat tulisivat mahdollisen monipuolisesti esiin. Nämä projektit olivat:

- Svalhall SSAB Luulaja, Ruotsi, radanvaihto,
- Raahe Kattila, Suomi, kattilatyömaa
- Värtahamnen, Ruotsi, satamarakennus,
- Flesland, Norja, lentotermiinaali,
- Valmet Mittal Ostrava, Tseki.

Tutkimuskysymyksiin vastaamisen kannalta oli oleellista että haastatellaan saman prosessin kanssa tekemisissä olevia, eri toimenkuvassa toimivia henkilöitä. Tämän takia projekteista pyrittiin haastattelemaan projektipäällikkö, työmaapäällikkö, suunnittelupäällikkö, sekä tuotantoinsinööri. Näin saatiin mahdollisimman monipuolinen kuva kailta tietomalleja työssään käyttävistä sekä hyödyntävistä henkilöistä.

Tutkimuksen haastattelut aloitettiin verrattain varhaisessa vaiheessa. Aluksi tutkimusta varten luotiin alustava kysymyslista, jonka pohjalta suoritettiin yksi pilottihaastattelu. Tämän pilottihaastattelun tavoitteena oli nähdä, saadaanko laaditun kysymyslistan avulla vastauksia tutkimuskysymysten kannalta oleellisiin seikkoihin. Pilottihaastattelun vastausten perusteella laadittua kysymyslistaa muokattiin ja järjesteltiin teemoittain muotoon, josta oleelliset seikat tulivat selkeämmin esille.

Kysymykset on laadittu teoriakatsauksessa esiteltyjen teemojen pohjalta; projektinhallinta, tietomallit sekä Lean-filosofia. Kysymyslista muodostuu kolmesta eri osasta, joista ensimmäinen käsittelee tietomallintamisen nykykäytäntöjä kohdeyrityksessä, toinen käsittelee tietomallintamisen koettuja etuja yrityksen projektinhallinnassa, ja kolmas osio tietomallintamisen käytön ongelmakohtia sekä parannusehdotuksia. Tutkimuksessa käytetty kysymyslista oli seuraavanlainen:

Osa 1: Tietomallien hyödyntämisen nykykäytännöt:

1. Löytyykö työssänne tarvittava informaatio tietomallista?
 - Löytyykö tieto vaivattomasti, kuluuko aikaa turhaan tiedon etsimiseen?
2. Ovatko mallit toteutettu samalla tavalla eri projektien kesken (samat tiedot samassa paikassa, samalla tavalla esitettynä?)
3. Ovatko projektinne edenneet suunnitelmien mukaisesti?
 - Onko asennusjärjestys ollut oikein määritetty?
 - Ovatko mallit olleet oikein tehtyjä?
 - Ovatko aikataulut pitäneet (suunnittelu, tuotanto, logistiikka, asennus)?
 - Miksi ei?
4. Miten usein päivitätte tietoja suunnittelu-/projektimalliin?
 - Onko malli aina ajan tasalla, voiko omia työtehtäviä suunnitella tietomallin perusteella?
 - Miten paljon tietojen syöttäminen vie työaikaa?
 - Miten päivitystä voisi helpottaa?
5. Miten tietoa siirretään muiden projektin osapuolten (projektipäällikkö, suunnittelijat, työmaa, tuotanto) välillä?
 - Onko tiedon kulussa ollut ongelmia?
6. Miten tietomalleja hyödynnetään projektin logistisessa hallinnassa?
7. Miten tietomalleja hyödynnetään yhteistyössä muiden projektin osapuolten (sisäisten ja ulkoisten) kanssa?

Osa 2: Tietomallien tuoma lisäarvo ja hyödyt:

8. Anna kolme (3) konkreettista esimerkkiä, miten tietomallit ovat parantaneet / helpottaneet työtänne.
 - Mitä vaikutuksia tällä on ollut muihin projektin osapuoliin?

9. Miten valmistuksen ja asennuksen statustietoa hyödynnetään työmaa- ja projekti-raportoinnissa?
10. Miten mallitietoa hyödynnetään työmaan viikkoaikataulutuksessa ja työvaiheiden yksityiskohtaisessa suunnittelussa?
11. Pystytäänkö työmaalla hyödyntämään 3D-malleja asentajatasolla?
12. Mitkä ovat mielestänne olennaisimmat tietomallintamisen tuomat lisähyödyt työhönne?

Osa 3: tietomallien käytön ongelmakohdat ja parannusehdotukset:

13. Anna kolme (3) konkreettista esimerkkiä, mitä ongelmia tietomallien käytössä on ollut työssänne?
14. Onko projektissa ilmennyt ongelmia, jotka olisivat paremmalla tiedonkululla olleet hoidettavissa aiemmin?
15. Miten tietomalleja voisi paremmin hyödyntää työtehtävässänne?
16. Millaisia muutoksia toivoisitte?
17. Millaisessa asemassa näette tietomallit tulevaisuudessa Ruukin projekteissa ja rakennuslalla yleisesti?

Haastattelut suoritettiin yhtä lukuun ottamatta (SP5) yksilöhaastatteluina joko kohdeyrityksen tiloissa Peräseinäjoella tai tietokoneella Lync-keskusteluohjelman välityksellä. Kolmea haastattelua lukuun ottamatta haastattelut tehtiin suomeksi. Haastattelutilaisuuden nopeuttamiseksi edellä oleva kysymyslista lähetettiin (englanninkielinen kysymyslista tutkimuksen liitteenä A) haastateltaville etukäteen, sekä haastattelut nauhoitettiin kokonaisuudessaan. Nauhoitetut haastattelut litteroitiin pääkohtien löytämisen ja analyysin helpottamiseksi. Seuraavassa taulukossa on esitetty haastattelut ja niiden tunnuks-
et hankkeittain. Haastattelun tunnus koostuu kirjainlyhenteestä ja hankkeen numeroinnista (PP = projektipäällikkö, PI = projekti-insinööri, TI = tuotantoinsinööri, SP = suunnittelupäällikkö, TP = työmaapäällikkö). Hankkeilla 4 ja 5 oli vastaavana tuotantoinsinöörinä sama henkilö, ja haastattelussa SP5 oli mukana Tsekin alueen business area manager sekä suunnittelupäällikkö. Haastattelujen tunnuks-
et on esitetty taulukossa 3.1, ja tilastotietoa haastatteluista on esitetty taulukossa 3.2.

Taulukko 3.1. *Haastattelujen tunnukset hankkeittain.*

Hanke	Haastateltavan rooli	Haastattelun tunnus
Hanke 1	Projektipäällikkö	PP1
	Suunnittelupäällikkö	SP1
	Työmaapäällikkö	TP1
	Tuotantoinsinööri	TI1
Hanke 2:	Suunnittelupäällikkö	SP2
	Työmaapäällikkö	TP2
Hanke 3	Projektipäällikkö	PP3
	Suunnittelupäällikkö	SP3
	Työmaapäällikkö	TP3
	Projekti-insinööri	PI3
Hanke 4	Projektipäällikkö	PP4
	Suunnittelupäällikkö	SP4
	Työmaapäällikkö	TP4
	Tuotantoinsinööri	TI4*
Hanke 5	Projektipäällikkö	PP5*
	Suunnittelupäällikkö	SP5*
	Tuotantoinsinööri	TI4*
	Business Area Manager	SP5*

*) Englanninkielinen haastattelu.

Taulukko 3.2. Haastattelujen kestot.

Haastattelujen lukumäärä	16 kpl
Yhteiskesto	11 h 58 min
Lyhyin haastattelu	24 min
Pisin haastattelu	1 h 5 min
Keskimääräinen kesto	45 min
Haastattelujen kestojen mediaani	47 min

Yhteensä haastateltavia oli siis 4 projektipäällikköä, 5 suunnittelupäällikköä, 4 työmaapäällikköä, 1 projekti-insinööri, 2 tuotantoinisinööriä, sekä 1 business area manager. Haastattelut kestivät 30-60 minuuttia, keskiarvon ollessa 45 minuuttia ja mediaanin 47 minuuttia, yhteensä materiaalia kertyi noin 12 tuntia.

3.3 Haastatteluaineiston koonti

Haastattelujen perusteella saatiin varsin monipuolinen kuvaus tietomallien hyödyntämisestä kohdeyrityksen projekteissa. Valitut työmaat olivat tyypiltään ja laajuudeltaan erilaisia ja sijaitsivat neljässä eri maassa. Tästä johtuen projekteissa oli tietomallien käytössä hyvinkin erilaisia käytäntöjä. Tässä kappaleessa on käyty haastattelukysymykset ja saadut vastaukset läpi.

Haastateltavat toimivat erilaisissa tehtävissä, ja haastatteluja toteutettaessa kehoitettiin miettimään kysymyksiä myös muuten kuin tietomallintamisen kannalta, jotta ilmi tullessiin ongelmiin ja seikkoihin voisi löytää vastauksia tietomallintamisen avulla. Tässä kappaleessa on eroteltu vastaukset haastateltavien roolin mukaan, sillä vastaukset vaihtelivat tässä suhteessa melko paljon. Eri työmaiden välillä ei tässä vaiheessa kuitenkaan ole tehty otsikkotasolla eroa. Haastattelujen vastauksia on käyty läpi toimenkuvittain alakappaleissa 3.3.1-3.3.4.

Ensimmäisen osan (kysymykset 1-7) tarkoituksena oli selvittää millaisia käytäntöjä työmailla on ollut tietomallien käytössä, sekä miten projekti on edennyt. Mikäli nykyisestä projektista ei löytynyt esimerkkejä, pyydettiin haastateltavia miettimään myös aiempia projektejaan. Ensimmäisen osan tavoitteena oli myös luoda tutkimuksen tekijälle kuva siitä, millaisia työtehtäviä teräsrakennusyrityksessä toimivilla henkilöillä päivittäin on, sekä millaisista tuotannollisista ja taloudellisista prosesseista yrityksen liiketoiminta koostuu. Tämän osan tarkoituksena oli täten myös luoda pohjaa ensimmäisen

tutkimusongelman *“Nykytilanteen selvitys tietomallien hyödyntämisessä yrityksen työmailla ja projektinhallinnassa”* ratkaisemiseen.

Kysymyksellä 1 pyrittiin selvittämään, miten haastateltavat tietomallia päivittäin käyttävät ja millaista tietoa he sieltä hakevat. Tämän kysymyksen vastaukset vaihtelivat paljon riippuen vastaajan toimenkuvasta ja projektin vaiheesta. Yleisesti ottaen jokainen osapuoli kuitenkin käytti tietomallia projektinhallinnan työkaluna enemmän tai vähemmän. Ensimmäisen kysymyksen kohdalla haastattelevia pyydettiin myös kertomaan päivittäisistä tehtävissään valituissa projekteissa myös muuten kuin tietomallintamisen näkökulmasta, jotta voitaisiin löytää myös muita näkökulmia tietomallien hyödyntämiseen rakennusprojektien ongelmanratkaisussa.

Kysymyksellä 2 selvitettiin, onko tietomallien laadussa ollut ollut poikkeamia haastateltavien nykyisissä sekä edellisissä projekteissa. Tällä pyrittiin selvittämään suunnittelun tasalaatuisuutta yrityksen projekteissa. Yrityksessä käytetään paljon omaa suunnittelua, mutta suunnittelua ostetaan myös muualta. Yrityksellä on Tekla Structuresissa käytössä myös itse kehittämiään projektinhallintatyökaluja, joita myös ulkopuolisia suunnittelijoita vaaditaan käyttämään. Tällä tavalla pyritään varmistamaan projekteissa käytössä olevien mallien tasalaatuisuus, jolla taas pyritään siihen, että mallia työtehtävässään käyttävien henkilöiden on helppo löytää mallista milloinkin tarvitsemansa informaatio.

Kysymyksellä 3 tutkittiin projektien etenemistä suunnitelmien mukaan. Yrityksen liiketoiminnan luonteesta johtuen on tyypillistä, että suunnittelu-, tuotanto-, sekä asennustoiminta limittyvät projektin aikana, mistä johtuen on olennaisen tärkeää että aikataulut on laadittu kapasiteetin mukaan järkevästi ja poikkeamiin reagoidaan nopeasti. Yleisesti ottaen tutkimuksessa mukana olleilla työmailla aikataulut olivat pitäneet, vaikkakin suunnitteluajankäytöt olivat välillä turhankin kireitä, johtuen alun perinkin liian tiukaksi sovitusta aikataulusta ja revisioiden määrästä. Tuotanto- ja asennuskapasiteetti ei ollut muodostunut pullonkaulaksi millään työmailla, vaikka kiirettä oli välillä ollutkin.

Kysymys 4 selvitti miten usein haastateltavat päivittivät projektiin liittyviä tietoja joko suunnittelu- ja projektimalliin tai muihin käytössä oleviin järjestelmiin, sekä miten paljon päivittäistä työaikaa tähän kuluu ja miten päivitystä voisi helpottaa. Projektista riippuen projektimallin päivityksestä vastasi joko työmaahenkilöstö tai projektipäällikkö. Projektimallin päivitys tapahtui useimmilla työmailla lähes päivittäin, ja päivitetty suunnittelumalli saatiin työmaalle lähes viikoittain.

Kysymyksellä 5 selvitettiin, millaisia viestintäkanavia projekteissa käytetään eri osapuolten välillä. Suunnittelun, tuotannon ja asentamisen limittyessä projekteissa korostuu kommunikaation oikea-aikaisuus ja tärkeys; tästä johtuen selvitettiin, miten tietoa vaihdetaan eri henkilöiden välillä. Projektipäällikkö ei monesti ole työmaalla paikan päällä,

vaan johtaa projektia ja hankkeiden eri osapuolia toimistolta käsin. Tietomallien käyttö kommunikaatiokanavana oli yhtenä kiinnostuksen kohteena.

Kysymys 6 käsitteli tietomallien hyödyntämistä projektin logistiikassa. Kohdeyrityksen liiketoimintaprosessille on tärkeää saada oikeat elementit oikeaan aikaan työmaalle. Tutkittavien työmaiden teräselementit tuotiin työmaille joko Puolan Obornikista tai Suomen tehtailta.

Kysymyksellä 7 tutkittiin, millä eri tavoin tietomalleja hyödynnetään yhteistyössä muiden projektin osapuolten kanssa. Kysymyksen sisäisillä osapuolilla tarkoitettiin kohdeyrityksen muuta projektihenkilöstöä; projektipäällikkö, työmaa, suunnittelijat sekä tuotanto. Ulkoisilla osapuolilla tarkoitettiin hankkeen tilaajaa, pääurakoitsijaa, mahdollisia konsultteja sekä muita suunnittelijoita.

Toisen osan (kysymykset 8-12) käsittelivät koettua tietomallintamisen projektiin tuomaa lisäarvoa ja hyötyä. Näillä kysymyksillä pyrittiin pääasiassa selvittää, millaisia hyötyjä vastaajat kokevat tietomalleista saavansa. Vastaajien määrästä johtuen tietyt asiat korostuivat paljonkin mutta myös yksittäisiä vastauksia saatiin. Yleisesti ottaen tietomallit koettiin positiivisena asiana, sekä hyvänä työkaluna projektinhallintaan. Useat vastaajat ovat olleet alalla kauankin, ja kokivat tietomallintamisen helpottaneen joitain työtehtäviä huomattavasti.

Kysymyksellä 8 selvitettiin tietomallien tärkeimpiä hyötyjä sekä miten ne ovat helpottaneet haastateltavien työtä, sekä näiden hyötyjen vaikutuksia projektin muihin osapuoliin. Toimenkuvasta riippuen vastaajien kokemat hyödyt olivat erilaisia, mutta tietyt asiat, kuten tietomallien mahdollistama havainnollistaminen ja visuaalisuus, korostuivat. Varsinaisia konkreettisia esimerkkejä ei juuri tullut, vaan vastaukset olivat yleisemmällä tasolla. Tästä johtuen **kysymys 12** koettiin yleensä samaksi ja sen vastauksia käsitellään yhdessä **kysymyksen 8** kanssa. Vastaukset perustuivat myös kokemuksiin haastateltavien aikaisemmista projekteista, jotta saatiin kokonaisvaltaisempi kuva tietomallien mahdollisuuksista.

Kysymyksellä 9 selvitettiin millä tavalla valmistuksen ja asennuksen statustietoa kyetään hyödyntämään työmaa- ja projektiraportoinnissa, sekä tietomallintamisen mahdollisuuksia tässä. Kohdeyrityksen työmailla hoidetaan laskutus yleensä asennettujen tonnin tai elementtien mukaan, joten on tärkeää saada ajantasaiset ja luotettavat määrät nopeasti.

Kysymykset 10 ja 11 käsittelivät tietomallien hyödyntämistä puhtaasti työmaan näkökulmasta. Vastaajien työmailla tietomalleja on hyödynnetty eri asteilla, mutta yleisesti ottaen lisääntyvässä määrin. Joillain työmailla oli myös otettu 3D-malleja käyttöön myös asentajatasolla.

Kolmas osa (kysymykset 13-17) käsittelivät tietomallien käytössä olevia ongelmia sekä mahdollisia parannusehdotuksia. Näillä kysymyksillä pyrittiin selvittämään millaisia koettuja ongelmia tietomallien käytössä sekä projektin tiedonkulussa on ollut, ja pystyisikö näitä ongelmia helpottamaan tai ratkaisemaan tietomallintamisen avulla. Kolmannen osan kysymyksillä kerättiin siis tietoa toisen tutkimusongelman ”*Tietomallien päivitykseen ja yhteiskäyttöön liittyvien ongelmien tunnistaminen*” ratkaisemiseen.

Kysymyksen 13 tarkoituksena oli selvittää, mitkä seikat tietomallien käytössä ovat aiheuttaneet haastateltaville ongelmia. Näiksi ongelmiksi laskettiin aikataululliset, mallinnusohjelmien käyttöön liittyvät ja yhteyksiin liittyvät ongelmat. Myös **kysymys 14** käsitteli tiedonkulkuun liittyviä ongelmia joita projektin osapuolten välillä on ilmennyt.

Kysymysten 15, 16 ja 17 tarkoituksena oli kerätä haastateltavilta tietoa, miten tietomalleja voisi jatkossa paremmin hyödyntää heidän työtehtävissään, sekä millaisia muutoksia he ohjelmiin toivoisivat. Lisäksi kerättiin tietoa haastateltavien näkemyksistä liittyen tietomallien käyttöön tulevaisuudessa sekä kohdeyrityksen hankkeissa, sekä rakennus-alalla yleisesti.

3.3.1 Projektipäälliköt ja projekti-insinöörit

Tutkimusta varten haastateltiin yhteensä 4 eri projektipäällikköä ja 1 projekti-insinööri, joiden vastauksia käsitellään tässä kappaleessa. Vastaukset on jaoteltu osioittain (1-3) ja niitä on esitetty taulukoissa sitä mukaa kun se on nähty tarkoituksenmukaiseksi.

Ensimmäinen osa: Tietomallien hyödyntämisen nykykäytännöt

Projektipäälliköillä oli tietomallien käytöstä vaihteleva määrä kokemusta. Osa oli tehnyt mallien kanssa töitä työuransa alusta lähtien ja osalla ei toistaiseksi käyttökokemusta juurikaan ollut. Tsekin projekteissa on työmailla ja projektinhallinnassa tähän asti ollut käytössä vain BIMsight, jossa ei projektinhallintatyökaluja ole. Tsekissäkin ollaan seuraavissa projekteissa siirtymässä Tekla Structuresin käyttöön, joka tarjoaa lisää projektinhallinnan työkaluja. Kaikki projektipäälliköt kuitenkin näkivät tietomallintamisessa paljon potentiaalia ja mahdollisuuksia projektinhallintaan.

Projektipäälliköt aloittavat yleensä projektin suunnittelun suunnittelijalta saamallaan raakamallilla. Vastausten mukaan mallin avulla on helppo valita asennuksen aloituspiste, suunnitella asennusjärjestys ja valita nosturin paikka ynnä muuta työmaan aloittamiseen liittyviä tehtäviä. Tietomallin avulla projektipäällikkö tekee rakennukselle lohkojaon, jonka sisällä määritetään elementeille asennusjärjestys. Asennusjärjestyksen määrittämiseen on kohdeyrityksessä kehitetty myös Tekla Structuresiin työkalu nimeltä Assign Sequential UDA, joka määrittää kappaleille automaattisesti asennusjärjestyksen. Yleensä projektipäällikkö määrittää tämän karkean asennusjärjestyksen, mutta työmaa voi tarkentaa sitä myöhemmässä vaiheessa. Yleisesti asennusjärjestystä määritettäessä

laitetaan se myös tuotannolle tiedoksi, jotta he voivat alkaa suunnittelemaan omaa tuotantojärjestystään. Kohdeyrityksellä on myös tuotantoa useissa eri tehtaissa Suomessa ja Puolassa, joten asennus- ja tuotantojärjestyksen laatimisen rooli korostuu. Erään haastateltavan (PP3) mukaan TS-malli on tähän hyvä työkalu.

Projektipäällikön saadessa suunnittelijalta mallin siellä on yleensä vain dimensiot, korot, litterointi, painot ja pituudet. Tällöin projektipäällikön tehtäväksi jää yhdistää SAP:sta tiedot niin, että malliin tulee myös tiedot tuotannosta ja kuljetuksista. Työmaan ollessa käynnissä projektipäälliköt käyttävät mallia pääasiassa projektin etenemisen seurantaan, sillä he eivät yleensä ole fyysisesti paikalla työmaalla. Tästä johtuen projekteissa pyrittiin siihen, että työmaalla päivitettäisiin asennetut elementit päivittäin, jolloin niiden statuksen pystyy näkemään projektimallista. Kaikissa paitsi yhdessä projektissa tämä lähes täysin toteutuikin. Yksi haastateltava (PI3) kertoi, että hänen projektissaan työmaahenkilöstö ei ollut mallin käytöstä kovin innoissaan, mutta pienen opastuksen jälkeen ei päivittämisessä ollut ongelmaa. Yhdessä projektissa projektipäällikkö (PP5) toimi myös työmaapäällikön tehtävissä, ja vietti 4 päivää viikosta työmaalla. Tällä työmaalla oli myös käytössä pelkästään BIMsight, jolla etenemän päivitystä ei voinut tehdä. Kyseisellä työmaalla asennuksen etenemää seurattiin manuaalisesti.

Projektipäälliköt vastasivat saavansa tietomalleista haluamansa informaation vaivatta. Kuten edellä mainittiin, työmaan ollessa käynnissä projektipäälliköt käyttävät mallia lähinnä etenemän seuraamiseen. Projektipäällikön tehtävänä on pitää huolta isosta aikataulusta ja antaa raamit, missä projektissa mennään suunnittelun, tuotannon, ja asennuksen kanssa, sekä toimia projektissa yhdyshenkilönä. Useimmiten projekteissa työmaa ja suunnittelijat eivät ole keskenään paljoa tekemisissä, vaan tiedonkulku tapahtuu projektipäällikön kautta. Mikäli projektipäällikkö ei saa suunnittelijaa heti kiinni, tulee hänen kiireellisissä tapauksissa osata itse etsiä mallista tietoa mm. elementtien mitoista, tunnuksista ja litteroista. Yleisesti ottaen projektipäälliköt nämä seikat hallitsivat.

Tietomallien laadussa vastaajat eivät olleet havainneet mainittavaa eroa kohdeyrityksen omien ja ulkopuolisten suunnittelijoiden välillä. Ulkopuolisiakin suunnittelijoita vaaditaan käyttämään kohdeyrityksen omaa ympäristöä Tekla Structuresissa, joka sisältää tiettyjä työkaluja ja metatietoa joiden avulla SAP ja Tekla Structures pystyvät paremmin kommunikoimaan keskenään ja mahdollistamaan elementtien statustiedon näkymisen tietomallissa. Yhden vastaajan (PI3) mielestä lohkojakoa ja suunnittelupaketteja on helpompi hallita, jos kyseessä on omat suunnittelijat.

Kolme vastaajaa mainitsi pitäneensä kerran viikossa Lyncin välityksellä livepalaverin, missä on käyty läpi suunnittelutilanteen statusta sekä muita tärkeimpiä asioita. Yksi vastanneista (PI3) oli pitänyt kokouksissa tietomallia auki ja jakanut työpöytänsä muille osallistujille. Projektia oli käyty näin tietomallin avustuksella läpi, ja osallistujat olivat olleet tyytyväisiä palavereihin. Yhden projektin (PP4) livepalavereissa ei ollut työmaa mukana, mutta yhdessä (PP3) oli tilaajan vaatimuksesta projektipäällikkö, tuotanto,

suunnittelupäällikkö, sekä työmaan edustaja. Lync-palavereiden lisäksi projektipäälliköt viestivät paljon puhelimella sekä sähköpostilla. Sähköposti kuitenkin mainittiin suuresta sähköpostin määrästä johtuen jokseenkin epäluotettavaksi, sillä jotain tietoa saattaa jäädä huomaamatta. Sähköpostin välityksellä lähetettiin myös valokuvia sekä snapshotteja tietomalleista.

Toinen osa: Tietomallien tuoma lisäarvo ja hyödyt

Haastateltujen projektipäälliköiden kokemat tietomallintamisen tuomat lisähyödyt liittyivät pääasiassa projektin tuotannon suunnitteluun sekä elementtien statusseurantaan. Yleisesti ottaen kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että tietomallit helpottavat projektinhallinnan työskentelyä huomattavasti. Vastajia pyydettiin löytämään 3 esimerkkiä, miten tietomallit ovat tuoneet lisäarvoa heidän työhönsä. Nämä vastaukset on listattu haastattelutunnuksittain taulukossa 3.3.

***Taulukko 3.3.** Projektipäälliköiden kokemat tietomallintamisen tuomat parannukset työtehtäviinsä.*

Tietomallintamisen koetut parannukset projektipäällikön työtehtäviin	PP1	PP3	PI3	PP4	PP5
Projektistatus – elementit statuksen mukaan mallissa eri väreillä.	x		x	x	
Projektin tiedot yhdessä paikassa – loppudokumentaatio				x	
Asennusjärjestyksen määrittäminen mallin avulla	x	x	x		
Lohkojaon tekeminen			x		
Asennuksen suunnittelussa 3D-malli huomattavasti parempi kuin kuvat	x	x			x
Listojen luonti tuotantoa ja työmaata varten		x			
Tiedon vaihtaminen projektin eri osapuolten välillä					x

Moni projektipäällikkö piti tietomallin mahdollistamaa projektistatuksen havainnollistamista tärkeimpänä seikkana juuri sen takia, että he itse eivät fyysisesti ole työmaalla useimmiten paikalla, vaan näkevät asennetut elementit mallin kautta, kunhan mallia vain päivitetään riittävän usein. Tämä on yleensä työmaapäällikön tai työnjohtajien vastuulla. Myös revisioiden käsittely on tietomallien avulla helpompaa; aikaisemmin pro-

jektistatukset väritettiin paperisiin piirustuksiin joten revisioiden saapuessa piti tehdä se uusiksi.

Projektipäälliköt hoitavat projekteissa tilaajien laskuttamisen. Yleensä projekteissa laskutus hoidetaan asennettujen kilojen mukaan. Aina kilojen mukaan laskuttaminen ei kuitenkaan ole paras ratkaisu, sillä rahallisesti prosentit voivat olla eri. Projekteissa voidaan myös laskuttaa asiakasta tilattujen materiaalien, tuotannossa olevien elementtien, sekä asennettujen elementtien mukaan. Mikäli tietomalliin on päivitetty statukset oikein, saadaan kaikki prosentit helposti ulos tilaajalle esitettäväksi. Laskutus hoidetaan yleensä kerran kuussa.

Kolmas osa: Tietomallien käytön ongelmakohdat projektipäälliköiden näkökulmasta

Tietomallintamisen koetut ongelmat painoutuivat projektipäälliköiden mielestä enimmäkseen päivitykseen. Jotta tietomalleja voisi hyödyntää ja omia työtehtäviä suunnitella sen perusteella, tulee pystyä luottamaan siihen, että mallitieto on ajan tasalla. Tietomallien koettuja ongelmia projektipäälliköiden näkökulmasta on esitetty taulukossa 3.4.

Taulukko 3.4. Tietomallintamisen koetut ongelmat projektipäällikön näkökulmasta.

Tietomallintamisen koetut ongelmat projektipäällikön näkökulmasta	PP1	PP3	PI3	PP4	PP5
Aina ei saa haluamansalaista raporttia johtuen suunnittelun kulusta	x				
Mallitieto ei aina ajan tasalla	x	x			x
Yhteydet hitaita – mallit monesti suuria		x	x		
Ei mallin yhteiskäyttöä aliurakoitsijasuunnittelijoiden kanssa		x			
Päivitys raskasta – statustiedon siirto projekti- ja suunnittelumallin välillä			x		
Koulutuksen puute			x	x	
Suunnittelukustannukset nousseet				x	
Malli ei riittävän yksityiskohtainen					x

Muita haastatteluissa toistuneita ongelmia olivat hitaat yhteydet, tietomallien päivittäminen, sekä koulutuksen puute. Työmaat sijaitsevat usein syrjäisemmillä seuduilla, jos-

sa ei välttämättä ole kovin hyvää internet-yhteyttä. Tekla Structuresin db1-mallit saattavat olla hyvinkin suuria, jolloin mallin lataaminen kohdeyrityksen omalta Peräseinäjoel-la sijaitsevalta palvelimelta saattaa kestää hyvinkin kauan. Mallin lataaminen saattaa kestää kauan myös vaikka yhteydet olisivat hyvät, mutta työmaa kaukana omalta serveriltä. Monilla työmailla on tämän johdosta otettu käyttöön Dropbox-pilvipalveluun ladattu projektimalli, jonka kanssa työskentely on nopeampaa. Kuitenkin ongelmana on silti mallissa olevan statustiedon siirtäminen uuteen suunnittelijalta saatavaan malliin.

3.3.2 Suunnittelupäälliköt

Tutkimuksessa haastateltiin jokaisen projektin suunnittelupäällikkö, yhteensä 5 kappaletta. Haastateltujen toimenkuvat projekteissa poikkesivat jonkin verran toisistaan, toisessa ääripäässä suunnittelupäällikkö ei itse osallistunut rakenteiden mallinnukseen lainkaan, kun taas eräässä projektissa suunnittelupäällikkö hoiti mallintamisen yksin ja teki myös suuren osan konepajakuvista. Haastattelujen vastaukset on esitetty tässä osioittain (1-3), ja taulukkoja vastausten luokitteluun on käytetty soveltuvilta osin.

Ensimmäinen osa: Tietomallien hyödyntämisen nykykäytännöt

Haastateltavien projektit alkavat yleensä sillä, että he saavat arkkitehdiltä IFC-muotoisen mallin tai joissain tapauksissa pääsuunnittelijan teräsmallin. Yleensä kuitenkin kohdeyrityksessä suunnittelijat käyttävät näitä malleja vain referenssinä oman mallinsa luomiseen. Kun IFC-malli konvertoidaan Tekla Structuresiin, siitä saa jonkinlaisen listan teräsosista, mutta tarjouslaskentaa varten malli rakennetaan haastateltavien mukaan lähes aina alusta lähtien. Muualta tulleissa malleissa on myös sellaista tietoa, mitä kohdeyrityksen suunnittelussa ei tarvita, esimerkiksi lattiavalut. Lisäksi mikäli omaa mallia ei rakennettaisi alusta lähtien, kilpailtaisiin pelkällä teräksen kilohinnalla, ja oma suunnitteluosaaminen jäisi käyttämättä. Lähes aina projekteissa siis luodaan oma db1-malli alusta alkaen.

Haastateltavien mukaan projektin alussa tutustutaan ensin tarjoukseen ja tutkitaan millaisella runkomallilla rakennusta lähdetään suunnittelemaan. Suunnittelu alkaa rakenteiden mitoituksella, jossa apuna käytetään esimerkiksi SCIA Engineer -mitoitusohjelmaa tai vastaavaa. Näiden ohjelmien käyttöön ei tässä diplomityössä perehdytä, sillä tutkimus on rajattu koskemaan rakentamisen suunnittelua ja rakentamista. Mallia luodessa IFC-mallista etsitään geometriaa ja liittyviä rakenteita. Arkkitehdin mallista näitä ei kovinkaan hyvin löydä, mutta pääsuunnittelijan Tekla Structuresilla tehdystä mallista paremmin. Tekla Structuresilla tehty mallit tulevat kuitenkin yleensä IFC-muotoisena, sillä yritykset ovat haluttomia antamaan omia db1-mallejaan eteenpäin. Erään haastateltavan mukaan jotain tietoa katoaa aina, kun tehdään kappaleen 2.2 kuvan 2.2 mukainen konvertointi Tekla Structures → IFC → Tekla Structures.

Yhtä lukuun ottamatta suunnittelupäälliköiden mukaan projekteissa käytettävät tietomallit ovat laadullisesti yhtenäisiä, pieniä suunnittelija- ja toimistokohtaisia eroja huomioimatta. Eroja saattaa olla esimerkiksi erilaisten pohjien ja taustojen tai korkomerkin­töjen esityksessä. Kohdeyrityksessä on luotu Tekla Structuresiin toimintaympäristö, joka sisältää tietynlaisia macroja ja työkaluja yhtenäistämään suunnittelua. Myös kohdeyrityksen käyttämiä yhteistyökumppaneita vaaditaan käyttämään tätä Ruukin toimintaympäristöä.

Yhdessä projektissa (SP3) ei ollut lainkaan omaa suunnittelua, ja siinä käytetty suunnittelutoimisto ei ollut käyttänyt Ruukin ympäristöä aiemmin. Haastatellun mukaan kyseisen suunnittelutoimiston suunnittelijoille järjestettiin koulutus ennen varsinaisen projektin liittyen Ruukin suunnittelusysteemeihin, mutta varsinaisen projektin aikana käyttö ei enää sujunut opetetulla tavalla. Projektin alussa suunnittelu oli vielä aikataulussa, mutta hieman ennen puoltaväliä alkoi suunnittelu­aikataulu olla jäljessä. Keskimäärin projektissa oltiin suunnittelu­aikataulusta noin 2 viikkoa jäljessä, joidenkin betonielementtien suunnittelun ollessa pahimmillaan 6 viikkoa.

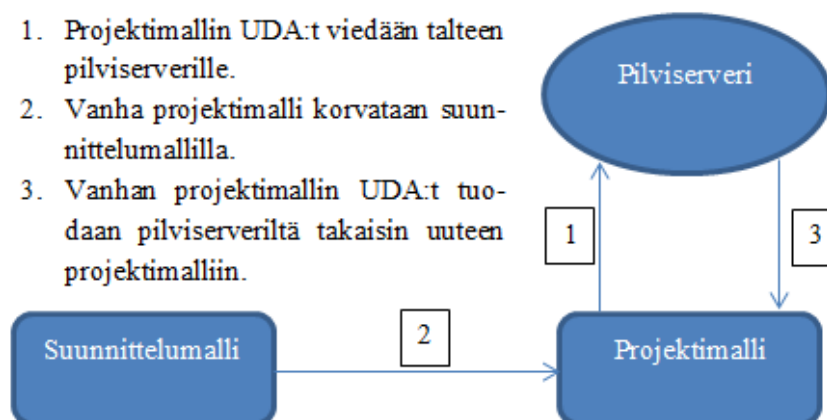
Toisessa projektissa (SP4) suunnitteluun on myös käytetty paljon aikaa, ”vaikka sitä ei ole ollutkaan”. Käytännössä tämä on tarkoittanut sitä, että työajoista on joustettu hyvin paljon ja on pyritty siihen, että mitään keskeneräisiä kuvia ei lähetetä tehtaal­le. Kyseisessä projektissa on ollut pääasiassa vain omia suunnittelijoita, mutta muutoksia on tullut paljon elementteihin, jotka ovat olleet jo suunniteltu, ja lähes kaikki on jouduttu suunnittelemaan kahteen kertaan. Tämä on johtunut myös tilaajalta tulleen tiedon myöhäisestä ajankohdasta, mutta myös siitä että suunnittelu­aikataulu on ollut epärealistisesti laadittu. Suunnittelu­aikataulun liian karkeasta määrittämisestä oli puhetta myös muissakin haastatteluis­sa. Kahdessa haastattelussa (SP1 ja SP5) ei projekteissa ollut ilmennyt ongelmia suunnittelu­aikataulun tai revisioiden suhteen.

Projektin alussa suunnittelijoiden työaika kuluu rungon mitoittamiseen ja mallintamiseen. Pienemmissä projekteissa yksi suunnittelija voi hoitaa molemmat, jos osaamista löytyy. Kuitenkin vähänkin isommissa projekteissa runkomitoittaja ja mallintaja ovat erikseen. Yleensä saman projektin kanssa työskentelevät suunnittelijat ovat fyysisestikin samalla toimistolla - tämä sen takia, että kommunikaatio sujuu paremmin ja tietomallin yhteiskäyttö ei hidastu yhteyksien vuoksi, sillä mallit ovat monesti isoja. Lisäksi tällä varmistetaan se, että suunnittelijoiden välillä ei tule väärinkäsityksiä ja keskeneräisiä tai muokattuja detaljeja ei tallenneta päällekkäin.

Raakamallin luomisen jälkeen suunnittelijat laativat detaljeja siinä järjestyksessä, mikä on projektipäällikön ja työmaan toimesta määritetty asennusjärjestykseksi. Tämän jälkeen aloitetaan konepajakuvien teko. Tekla Structuresissa on työkaluja, macroja, joilla konepajakuvien luontia on automatisoitu. Haastatellut olivat yleisesti sitä mieltä, että konepajakuvien luontiin tarkoitetut työkalut ovat yksi tietomallintamisen eniten heidän työtään helpottavista ominaisuuksista. Konepajakuvat käydään kuitenkin vielä läpi, ja

niihin lisäillään mittoja ja tekstejä tuotantoa varten. Tämän jälkeen ideaalilanteessa kokonaisen lohkon kuvat lähetetään yhtenä lähetyksenä tuotantoon, kuitenkin monesti aikataulullisista syistä kuvia joudutaan lähettämään pienempinä erinä.

Projektin ollessa käynnissä suunnittelijat toimivat mallin kanssa päivittäin, ja tekevät siihen muutoksia ja päivityksiä. Tätä suunnittelijoiden käyttämää mallia kutsutaan suunnittelumalliksi, josta tehdään kopio projektipäällikön ja työmaan käyttöön. Tätä mallia nimitetään projektimalliksi. Suunnittelumalliin tehdyt muutokset viedään projektimalliin sovitun aikataulun mukaisesti, yleisesti haastateltujen projekteissa tämä tapahtui kerran viikossa. Päivitykset saadaan projektimalliin käytännössä siten, että vanhasta projektimallista viedään muokatut UDA:t talteen, korvataan vanha projektimalli uudella suunnittelumallilla, jonka jälkeen tuodaan muokatut UDA:t takaisin projektimalliin. Tätä päivitysprosessia on havainnollistettu kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Projektimallin päivitys suunnittelumallista.

Kaikissa projekteissa projektimallin päivitys viikoittain ei ole toteutunut, yleensä tämä on johtunut siitä että se ei ole ollut tarpeellista. Projekteissa, joissa tulee vähän revisioita tai asennus on sujunut hyvin, ei myöskään ole suunnittelumalliin tullut asennuksen aikana viikoittain päivityksiä.

Suunnittelupäälliköt kokivat tärkeimmiksi kommunikaatiovälineiksi sähköpostin sekä Lync-livepalaverit. Sähköposti mainittiin tärkeäksi sen takia, että asioista jää aina kirjallinen merkintä, jonka voi tarkistaa myöhemmin. Lyncin välityksellä pidettyjä palavereja on alettu käyttämään enenevässä määrin, ja sen eduiksi mainittiin mm. ruudun jakomahdollisuus, jossa kaikki osallistujat näkevät ruutua jakavan henkilön työpöydän. Tällä tavalla pystytään käymään tietomallista huomiota vaativia kohtia läpi. Varsinkin isommissa projekteissa suunnittelukokouksia on pidetty erityisesti projektin alussa paljon, ja loppua kohden vähenevässä määrin. Suunnittelukokouksia pidetään myös työmaalla, jossa kohdeyrityksen suunnittelija ja projektipäällikkö ovat yhdessä pääraKENNESuunnittelijan kanssa katsomassa miten runko sopii yhteen muiden rakenteiden kanssa. Pienemmissä projekteissa suunnittelukokouksia ei juurikaan ole pidetty, vaan suunnitte-

lija on yhteydessä projektipäällikköön ja muihin osapuoliin puhelimen ja sähköpostin välityksellä.

Projekteissa käytetään myös projektipankkia, johon lisätään IFC-muotoon muunnetut tietomallit myös muiden suunnittelualojen toimesta. Tämän avulla voidaan tarkistaa mallit törmäyksien ja yhteensopivuuden kannalta. Tekla Structuresin db1-malleja ei anneta muiden saataville, eikä muiltakaan niitä useimmiten saada. Yleensä mallit päivitetään projektipankkiin viikoittain.

Toinen osa: Tietomallien tuoma lisäarvo ja hyödyt

Suunnittelijoille tietomallinnus on jokapäiväinen työkalu, mistä syystä myös koettuja hyötyjä tuli haastatteluissa paljon ilmi. Konkreettisia esimerkkejä ei paljoa saatu, vaan vastaukset olivat enimmäkseen yleisemmällä tasolla. Näitä vastauksia on esitetty taulukossa 3.5.

Taulukko 3.5. Tietomallintamisen tärkeimmät hyödyt suunnittelupäällikön näkökulmasta.

Tietomallintamisen tärkeimmät lisähyödyt suunnittelupäällikön näkökulmasta	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Mitat mallissa oikein, luoduissa piirustuksissa molemmissa elementeissä liitokset samalla tavalla	x	x		x	
Kokonaisuuden hallinta, näkee mistä kuvat on jo piirretty ja missä vaiheessa elementit menevät	x			x	
Suunnitteluvirheet vähentyneet	x	x			
Toteutussuunnittelun koordinointi ulkopuolisten suunnittelijoiden kanssa TS:n avulla			x		
Aloitus- ja suunnittelupalavereissa havainnollistaminen			x	x	x
Eri suunnittelualojen mallien yhdistäminen, törmäysten ja ristiriitojen estäminen					x

Haastateltujen mukaan eräs tietomallintamisen huomattavimmista hyödyistä suunnitteluun on mittatietojen oikeellisuus. Tämän lisäksi oikein tehdyssä mallissa on liitokset vastaavalla tavalla liitoksen molemmissa elementeissä, ja myös konepajakuvat tulevat oikein. Lisäksi varsinkin useamman suunnittelijan projekteissa mallin kautta pystyy seuraamaan, mistä elementeistä on jo kuvat piirretty joten päällekkäistä työtä ei tule

tehtyä. Tämän avulla suunnittelupäällikkö pystyy myös ohjaamaan ja johtamaan tarjous- ja toteutussuunnittelun etenemistä projekteissa, joissa on paljon ulkopuolista suunnittelua.

Erään haastateltavan (SP3) mukaan heidän aikaisemmassa suuren mittaluokan projektissaan käytettiin 3D-mallia myös asennuksen aloituspalavereissa yhdessä betonitoimitajan ja -asentajan sekä kohdeyrityksen oman asennushenkilökunnan kanssa. Kyseessä oli monikerrosrunko, ja suunnittelija sekä suunnittelupäällikkö esittivät muille osapuolille asentamisen halutun etenemisjärjestyksen kerroksittain, sekä esittelivät erikoiskohdat ja väliaikaiset tuennat, jotka oli myös lisätty malliin.

Yhden haastatellun (SP5) projektissa runko oli suunniteltu muualla, ja Ruukin tehtävänä oli suunnitella rakennuksen verhous. Runkomalli saatiin pääurakoitsijalta ja verhous suunniteltiin tämän mallin avulla, sekä varmistettiin että tarvittavat liitospalat lisätään myös runkomalliin.

Kolmas osa: Tietomallien käytön ongelmakohdat suunnittelupäälliköiden näkökulmasta

Suunnittelupäälliköiden luettelemat ongelmat mallien käytöissä liittyivät mallien yhteistoimintaan ja konvertointiin (db1, IFC, SCIA), sekä yhteistoimintaan ja käytäntöihin eri yritysten välillä. Myös joitakin muunlaisia ongelmia tuli ilmi. Näitä ongelmia on lueteltu taulukossa 3.6

Taulukko 3.6. Tietomallintamisen koetut ongelmat suunnittelupäällikön näkökulmasta.

Tietomallintamisen koetut ongelmat suunnittelupäällikön näkökulmasta	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Tiheät versiopäivitykset	x				
IFC-mallien konvertointi Tekla Structuresiin		x	x		
SCIA-mallin tuonti Tekla Structuresiin		x			
Ruukin TS-ympäristön ja db1-mallin jakamisen käytännöt muiden yritysten kanssa			x		
Tekniset ongelmat ja verkkoyhteyksien hitaus				x	
Suurissa projekteissa mallin yhteiskäytön ongelmat				x	
Yhteistyökumppanien Tekla Structuresin ja Ruukki Environmentin käyttö			x		x

Yksi haastateltava (SP1) mainitsi, että uuden Tekla Structures -version tullessa menee aina hetki totutella käyttämään ohjelmaa. Uusia versioita tulee noin kerran vuodessa, mutta Ruukki ei ota niitä kuitenkaan heti ilmestymisen jälkeen käyttöön, vaan odottaa että Tekla saa ohjelmassa olevat bugit korjattua. Haastateltavien mielestä uusissa versioissa on yleensä uusia hyviä työkaluja, mutta ei mitään mullistavaa.

Useammassa haastattelussa tuli ilmi ongelmat IFC-mallien kääntämisestä Tekla Structuresiin. Arkkitehdin IFC-mallit ovat joskus tehty yhdeksi isoksi blokiksi, joten sen käsittely on vaikeaa eikä sitä pysty ”räjäyttämään” osiin. Tällöin suunnittelijan täytyy leikata sitä, mutta uudestaan avatessa leikkaus pitää tehdä uudestaan. Joskus IFC-mallia ei saa kuitenkaan edes käännettyä Tekla Structuresille sopivaksi. Myöskään SCIA-laskentamallin kääntäminen Tekla Structuresiin ei nykyisin onnistu, joten sama mallinustyö tulee tehtyä kahteen kertaan, ensin SCIA:ssa ja sitten Tekla Structuresissa.

Erään haastateltavan (SP3) mukaan suunnittelukonttoreilla on hyvin kirjavaa käytäntöä siinä, miten db1-malleja jaetaan muiden osapuolten kanssa. Useimmiten kuitenkin db1-mallin sijaan eteenpäin lähetetään vain IFC-malli, sillä yritykset eivät yleensä halua jakaa db1-mallejaan. Haastateltavan mukaan jotain tietoa on projekteissa malleista kadonnut, kun malli on IFC-muotoon konvertoitu.

Erääksi ongelmaksi mainittiin myös Ruukin TS-ympäristön ja suunnittelutapojen kouluttaminen uusille yhteistyökumppaneille. Yhteistyökumppaneilla voi olla omat toimintaympäristönsä, templatet, macrot, UDA:t, joita he ovat tottuneet käyttämään, joten aluksi täytyy järjestää heille koulutusta Ruukin TS-ympäristön käyttöön. Haastateltavan projektissa oli ollut kyseessä tällainen tilanne, ja toimintatavat olivat alun jälkeen jonkin verran unohtuneet. Pidempiaikaisten yhteistyökumppanien kanssa Ruukin ympäristön käyttö kuitenkin toimii hyvin.

Myös tekniset ongelmat tulivat ilmi. Suurissa projekteissa voi olla käytössä suuriakin referenssimalleja, joiden käyttö hidastaa koko mallin käyttöä. Lisäksi suurissa projekteissa on samanaikaisesti töissä useita eri suunnittelijoita, joten väärinkäsityksiä voi tapahtua yhteiskäytössä. Yhden haastateltavan (SP4) mukaan aiemmissa projekteissa on ilmennyt sellaistaikin, että joku on tehnyt mallissa korjauksen ja toisella suunnittelijalla ei ole ollut tietoa korjauksesta, joten hän on kuvitellut sen virheeksi ja kumonnut sen. Tällaista kuitenkin tapahtuu haastateltavan mukaan hyvin harvoin. Tämän välttämiseksi saman projektin kanssa työskentelevät suunnittelijat ovat myös fyysisesti samassa toimistossa töissä, jolloin kommunikaatio on helpompaa. Mikäli suunnittelijat olisivat eri kaupungeissa, myös tietoyhteys olisi hitaampi.

3.3.3 Työmaakäyttö

Ensimmäinen osa: Tietomallien hyödyntämisen nykykäytännöt

Haastatellut työmaapäälliköt ovat käyttäneet tietomallia työmaalla vaihtelevasti. Lähes kaikilla työmailla on ollut käytössä Tekla Structures, vain yhden haastateltavan (SP5) työmaalla käytössä on ollut BIMsight. Työmaapäälliköt ovat käyttäneet tietomallia:

- virheiden tai ongelmakohtien ilmetessä ratkaisun löytämiseen,
- palkkitunnuksien etsimiseen,
- mittojen tarkastamiseen,
- detaljien tarkasteluun,
- elementtien valmistuksen ja asennuksen statusseurantaan,
- asennussuuntien tarkistamiseen.

Haastateltavien mukaan he löytävät tarvitsemansa informaation mallista yleensä vaivattomasti, eivätkä he ole huomanneet mainittavaa eroa kohdeyrityksen oman ja ulkopuolisten suunnittelijoiden tekemien mallien välillä. Erään (TP3) haastateltavan mukaan projektipäällikön vaatiessa ulkopuolisia suunnittelijoita käyttämään Ruukin ympäristöä malleista löytyy tarvittavat tiedot ja UDA:t työmaan tarvitsemalla tavalla.

Viime vuosien aikana mallien sisältö ei ole haastateltavien mukaan juurikaan muuttunut, mutta käyttö on helpottunut huomattavasti sekä Ruukin että Teklan tekemän kehitysyhteistyön seurauksena. Kuitenkaan työmaapäälliköt ja työnjohtajat eivät kovin syvällisesti Tekla Structuresiin paneudu, vaan käyttö on enemmänkin ongelmien ratkaisua, työn suunnittelua ja statustiedon päivittämistä.

Työmaapäällikön ja työnjohtajan tullessa mukaan projektiin projektipäällikkö on jo tehnyt rakennuksen lohkojaon, jonka mukaan projektissa edetään, ja suunnittelija on tehnyt jo konepajakuvia jotta voidaan tehdä materiaalistat ja tilata materiaalit. ”*Ideaalitapauksessa projektipäällikkö, työnjohtaja ja suunnittelija määrittelevät lohkojaon yhdessä*”. Työnjohtajan mennessä työmaalle ensimmäiset tavarakuormat saapuvat yleensä hyvin pian, työnjohtaja on työmaalla yksin vain 1-2 päivää.

Haastateltujen projekteissa ovat asennusaikataulut pitäneet, vaikka yhdessä projektissa (TP3) on asennussuuntia pitänyt vaihdella. Tämä on johtunut siitä, että tehtaalta ei ole saatu asennusjärjestyksen mukaisia elementtejä työmaalle oikeaan aikaan. Kohteessa oli kuitenkin erilaisia rakenteita, terästä ja betonia, joten teräselementtien puuttuessa on voitu asentaa betonielementtejä. Teräselementtejä ei ollut saatu työmaalle lähtösuunnittelusta ja kireästä aikataulusta johtuen.

Teräselementteihin on kiinnitetty pieni teräslevy, joissa lukee elementtien tunnus. Asentajat irrottavat nämä levyt asentamistaan elementeistä, ja antavat ne työnjohtajalle. Haastateltujen mukaan asennettujen elementtien päivittäminen malliin vie päivittäistä työaikaa maksimissaan 10-20 minuuttia. Käytännössä työnjohtajat valitsevat nämä elementit mallista, ja merkitsevät Ruukin omaan UDA:an asennuksen aloitus- ja lopetuspäivät. Pienillä elementeillä nämä ovat yleensä samat, mutta monimutkaisemmilla elementeillä asennuksen aloitus- ja lopetuspäivät eivät välttämättä ole samat. Kolmessa

projektissa etenemää päivitettiin malliin, mutta yhdessä projektissa (TP2) tähän ei ollut aikaa ja yhdessä projektissa (PP5) työmaalla oli käytössä vain BIMsight, jonka avulla ei statustietoja pystynyt muuttamaan.

Työmaahenkilöstö viettää päivittäin paljon aikaa työmaalla, joten heidän pääasiallinen viestintäkeinonsa on puhelin. Sähköposti mainittiin myös hyväksi kanavaksi siitä syystä, että kysymyksistä ja vastauksista jää aina kirjallinen merkintä, josta asioita voi myöhemmin tarkistaa. Projektin statuksen viestimiseen käytetään tietomallia, mallista on myös otettu kuvankaappauksia, joita on lähetetty eteenpäin.

Erään haastateltavan (TP3) mukaan jos kokoonpanokuvissa on ollut virheitä, niistä on tehty poikkeamaraportti (NCR-raportti). Raportti tehdään kaikista poikkeamista, valmistus- ja suunnitteluvirheistä, tai jos jotain joudutaan korjaamaan työmaalla. Mikäli raportti tehdään yhdestä virheestä, tulee se tehdä kaikista, ja näihin tulee juokseva numero. Tekla Structuresilla pystyisi numeron avulla kohdentamaan poikkeamanumero tiettyyn paikkaan, mutta kyseisessä projektissa tätä ei ole ehditty tehdä.

Kaikilla työmailla, joissa oli Tekla Structures käytössä, kuormat tehtiin mallin avulla. Mikäli malli on oikein päivitetty, siitä näkee mm. mitkä osat ovat tehtäällä valmiina ja mitkä ovat työmaalla. Tekla Structuresin Ruukin ympäristössä on tähän työkalu, jossa voi valita tietyt elementit, ja ohjelma luo näistä listan jonka voi lähettää tuotantoon. Työkalu ei anna valita kuorman maksimipainoa ylittäviä kuormia. Projekteissa 1 kuorman (1 rekkakuljetus) paino vaihtelee kuljetettavien elementtien tyypistä riippuen 10 ja 28 tonnin välillä. Yhdessä projektissa (PP5), jossa käytettiin BIMsightiä, projektipäällikkö / työnjohtaja teki kuormat asennuspiirustuksien avulla. Kyseinen haastateltava aikoi ottaa seuraavalla työmaalla Tekla Structuresin käyttöön.

Toinen osa: Tietomallien tuoma lisäarvo ja hyödyt

Työmaapäälliköiden ja työnjohtajien kokemat tietomallintamisen hyödyt liittyivät enimmäkseen kuorma- ja asennuksen suunnitteluun. Tärkeimmät hyödyt ovat listattuna taulukossa 3.7.

Taulukko 3.7. Tietomallintamisen tärkeimmät hyödyt työmaapäällikön ja työnjohtajan näkökulmasta.

Tietomallintamisen tärkeimmät lisähyödyt työmaapäällikön näkökulmasta	TP1	TP2	TP3	TP4	PP5
Kuormasuunnittelu	x			x	
Työtehtävien ja asennuksen suunnittelu	x	x	x		x
Statustiedon seuraaminen	x			x	
Elementtien etsiminen ja listojen luominen		x	x		
Kokonaiskuvan hahmottaminen ja kommunikointi muiden osapuolten kanssa				x	x

Haastateltavien mukaan kuormien suunnittelu on nopeutunut tietomallien avulla huomattavasti; erään haastateltavan (TP1) mukaan ennen saattoi mennä 3-4 tuntia yhden kuorman tekemiseen, mutta tietomallin avulla on mahdollista tehdä kuusikin kuormaa samaan aikaan. Lisäksi mallin avulla muutkin työnjohtajat näkevät, mitä kuormia toinen on suunnitellut. Kuormasuunnittelun helppous tuli ilmi muissakin haastatteluissa.

Lähes kaikki haastateltavat käyttivät tietomallia asennuksen yksityiskohtaiseen suunnitteluun. Mallin avulla suunnitellaan nostimien paikkoja ja tarkistetaan niiden ulottumat. Erään haastateltavan (TP1) projektissa on tehty viikoittaisia asennussuunnitelmia mallin avulla, lisäksi työntekijöille ja aliurakoitsijoille on helppo havainnollistaa vaikeita paikkoja mallin avulla. Mallin avulla pystyy myös helposti tekemään kuvan suurienkin elementtien nostoideasta, ja lähettää sen suunnittelijalle kommentoitavaksi.

Statustiedon seuranta mainittiin myös tärkeäksi asiaksi. Tämä oli erityisen tärkeää sellaisilla työmailla, jolla oli useampia työnjohtajia, jotka eivät ole samaan aikaan paikalla. Mallin avulla pystyy helposti tarkistamaan, mitä toisen työnjohtajan vuorolla on asennettu.

Kahdessa eri haastattelussa (TP4, PP5) yhdeksi suurimmista hyödyistä mainittiin havainnollistaminen. Haastateltavat käyttävät tietomallia havainnollistamaan detaljiikkaa etupäässä tilaajalle ja aliurakoitsijoille, mutta myös muille sidosryhmille.

Yhtä lukuun ottamatta (TP2) kaikissa haastateltavien projekteissa hyödynnettiin 3D-mallia myös asentajatasolla. Haastateltavien mielestä paras ratkaisu on pitää tietokonetta työkalukontissa, jota siirretään asennuksen edetessä. Tietokoneella on mahdollista käyttää mallia BIMsightillä ja tutkia asennettavaa kohdetta. Yleisesti ottaen asentajat ovat

pitäneet mallin käytöstä ja omaksuneet sen helposti. Erityisesti nuoremmat asentajat ovat mielellään käyttäneet mallia.

Kolmas osa: Tietomallien käytön ongelmakohdat työmaapäälliköiden ja työnjohtajien näkökulmasta

Työmaahenkilöstön kokemat ongelmat tietomallien käytössä liittyivät enimmäkseen päivityksen hitauteen tai olemattomuuteen, hitaisiin yhteyksiin, ja koulutuksen puutteeseen. Haastatteluissa esille tulleita ongelmia on listattuna taulukossa 3.8.

Taulukko 3.8. Tietomallintamisen koetut ongelmat työmaapäällikön ja työnjohtajan näkökulmasta.

Tietomallintamisen koetut ongelmat työmaapäällikön ja työnjohtajan näkökulmasta	TP1	TP2	TP3	TP4	TP5
Päivityksen hitaus tai olemattomuus	x	x	x		
Yhteydet hitaita isojen mallien käsittelyyn	x			x	
Betoni- ja teräsmallien yhteensopimattomuus	x				
Päällekkäisyydet ja virheet luoduissa listoissa		x			
Koulutuksen puute			x	x	
Detaljien puute mallissa					x

Työmaapäälliköt ja työnjohtajat käyttävät mallia hyvin paljon statustietojen tarkistamiseen, kuormien tilaamiseen ja työn suunnitteluun. Tästä syystä useat haastateltavat kokivat ongelmaksi sen, jos malli ei ole ajan tasalla. Usein SAP-tietojen tuonti malliin ei mene ongelmattomasti, johtuen siitä että tehtaalla ei ole SAP-tietoja päivitetty mallin kannalta oikealla tavalla. Työmaahenkilöstöllä menee ylimääräistä työaikaa selvittää tehtaalta elementtien statustietoja, ja kuormia ei pysty suunnittelemaan vaivattomasti.

Muutamassa haastattelussa tuli ilmi, että varsinkin suurten mallien kanssa tietoliikenneyhteydet ovat liian hitaita. Eräs haastateltava sanoi, että työpäivän päätteeksi mallin päivittäminen vie liian paljon aikaa, eikä sitä ole siitä syystä viitsinyt tehdä. Tämän takia monet työmaat ovat siirtyneet käyttämään kohdeyrityksen oman serverin sijasta Dropbox-pilvipalvelua. Päivitetty tietomalli haetaan yrityksen serveriltä esimerkiksi kerran viikossa, jonka jälkeen se tallennetaan pilvipalveluun.

Projekteissa, joissa on teräsrakenteiden lisäksi paljon betonielementtejä, on monesti myös ollut ongelmana se, että betonielementit ovat mallissa vain suuntaa antavasti.

”Tarkasta työkalusta tulee suuntaa antava”. Ohjelmassa on ollut myös teknisiä ongelmia, mistä syystä excel-listoja ei ole pystynyt ajamaan.

Koulutuksen puutteen mainitsi ongelmaksi 2 (TP3 ja TP4) haastateltavaa. Työmaahenkilöstöllä ei periaatteessa ole mallin käytössä montaakaan tehtävää, mutta haastateltavien mukaan koko työmaahenkilöstö ei mallin käyttöä hallitse. Joitain koulutuksia on järjestetty, mutta yhteisten, laajamittaisten koulutusten järjestäminen on hankalaa, sillä työnjohtajat ovat kiinni työmaissa ympäri pohjoismaita. Näin ollen ajankohdan löytäminen on hankalaa.

Tutkimuksen projektissa (PP5), jossa käytettiin BIMsightiä, ei mallissa ollut yksityiskohtaisia liitoksia. Kyseisen projektin suunnittelijoiden mukaan mallista olisi tullut liian iso, mikäli liitokset pulitteineen olisi mallinnettu tarkasti. Tämän takia työmaalla piti tarkistaa piirustuksista pulttien määrät ja paikat, mikä vei ylimääräistä aikaa.

3.3.4 Tuotanto

Tutkimuksessa haastateltiin tuotannosta kahta eri henkilöä, joista toinen oli ollut kahdessa eri projektissa tuotantopäällikkönä. Heidän mukaansa Ruukin tuotannossa ei juurikaan käytetä tietomalleja, mutta tietomalleista luodut listat ovat heidän työssään hyvin käytännöllisiä. Listojen mukaan pystytään tilaamaan tarvittavat materiaalit ja osat hitsattavia elementtejä varten, ja listat ovat aina pitäneet paikkansa. Haastateltavien mukaan tuotannossa käytetään tietomalleja lähinnä silloin, kun jotain liitoksia täytyy tarkastella lähemmin, tai tarkastella rakennusta yleisesti. Mallista näkee millaisia elementtejä on odotettavissa. Malli on myös hyvä työkalu tarkistamiseen silloin, kun konepajakuvassa on jotakin epäselvää. Haastateltavien mukaan konepajakuvat ovat kuitenkin lähes aina virheettömiä, joskus harvoin puuttuu joitain mittoja, joita pitää tarkistaa mallista tai kysyä suunnittelijalta.

Haastateltavien mukaan heidän käyttämänsä tietomallit ovat olleet laadullisesti yhtä hyviä, mutta toisen haastateltavan mukaan Ruukin omat suunnittelijat antavat tarvittavat tiedostot yleensä paremmin tehtaan tarvitsemassa formaatissa, esimerkiksi tiedostot leikkauskonetta varten. Yleisesti ottaen tarvittava informaatio on kuitenkin aina mukana, eikä sitä tarvitse suunnittelijoilta erikseen pyytää. Kuitenkin jos suunnittelu on tehty jollain muulla ohjelmalla kuin Tekla Structuresilla, ei tehtaan tarvitsema informaatio ole niin helposti saatavilla. Tutkimuksen kohteena olleissa projekteissa suunnittelu oli kuitenkin tehty Tekla Structuresilla, toisessa omalla suunnittelulla ja toisessa aliurakoitsijan suunnittelulla, joten näitä ongelmia ei ollut.

Haastateltavien mukaan elementtien statustieto päivittyy SAP:iin kun työntekijät kuitaavat vaiheet valmiiksi. Toisen haastateltavan (TI1) mukaan työmaalta ollaan yhteydessä tuotantoon sitä mukaa, kun he haluavat elementtejä kuljetukseen. Kuitenkin jos tehtaalla on paljon elementtejä kuitattu valmiiksi, työmaalta voidaan olla yhteydessä

suoraan myös kuljetusporukkaan, jotka hakevat elementit tehtaalta pois. Tällöin tuotantopäällikkö ei välttämättä edes tiedä mitkä elementit ovat haettu pois.

Kahdessa projektissa tuotanto oli saanut konepajakuvat lohkoittain isona pakettina, jolloin tuotannon suunnittelu oli ollut helpompaa. Yhdessä projektissa oli kuitenkin saatu konepajakuvia lähes päivittäin pieninä ryppäinä, jolloin tuotannon suunnittelu ja materiaalilaukset suurina määrinä olivat mahdottomia. Tästä johtuen tuotannossa odotettiin aina muutama päivä, jos tulisi lisää samankaltaisia elementtejä, ja voitaisiin tilata materiaalia isompia määriä. Tilanne oli haastateltavan mukaan erittäin huono. Yleisesti ottaen haastateltavien mukaan projekteissa on nykyään aina normaalitapauksessakin kova kiire, jolloin asennusjärjestyksen muutokset tai muut ongelmat projektissa ovat ongelmallisia myös tuotannolle.

Tietomallintamisen suurimmaksi hyödyksi tuotannon näkökulmasta haastateltavat mainitsivat listat, joita mallista saadaan ulos. Näitä listoja muokataan vain vähän manuaalisesti, jonka jälkeen voidaan tilata materiaalit. Myös statustieto mainittiin olennaiseksi hyödyksi; sen avulla yhdellä katsauksella saa kuvan, missä projektissa mennään.

Ongelmiksi haastateltavat mainitsivat ongelmat SAP:n päivittämisessä; joskus päivittäminen ei onnistu ja ohjelma menee jumiin. Toinen haastateltava (TI1) mainitsi myös että mallia tulee käytettyä harvoin, ja opitut asiat unohtuvat. Molemmat haastateltavat uskoivat, että tulevaisuudessa tietomallintamisen rooli lisääntyy myös tuotannon näkökulmasta.

4. HAASTATTELUVAINEISTON ANALYSOINTI JA TUTKIMUSTULOKSET

Tämän luvun tarkoituksena on analysoida haastatteluissa (luku 3) saatuja tuloksia teoriakatsauksessa (luku 2) esitettyjen teemojen pohjalta. Tarkoituksena on vastata johdannossa esitettyihin tutkimuskysymyksiin (luku 1, kuva 1.2) seuraavalla tavalla:

- Kappale 4.1, tutkimuskysymys 1: Nykytilanteen selvitys tietomallien hyödyntämisessä yrityksen työmailla ja projektinhallinnassa
- Kappale 4.2, tutkimuskysymys 2: Tietomallien päivitykseen ja yhteiskäyttöön liittyvien ongelmien tunnistaminen
- Kappale 4.3, tutkimuskysymys 3: Ratkaisuehdotusten esittäminen tunnistettuihin ongelma-kohtiin.

4.1 Tietomallintamisen nykytilanne yrityksen työmailla ja projektinhallinnassa

Tässä kappaleessa on pyritty tiivistämään kohdeyrityksen nykytilanne tietomallien hyödyntämisessä sekä projektinhallinnassa. Alakappaleessa 4.1.1 on esitelty haastatteluissa tärkeimmiksi nostettuja seikkoja liittyen kohdeyrityksen tietomallintamiseen ja yleisiin projektikäytäntöihin, sekä kuvattu tietomallinnusprosessia esimerkkiprojektin avulla. Alakappaleessa 4.1.2 on tehty kohdeyrityksen tietomallintamisen nykytilan maturiteetti-analyysi alakappaleessa 2.5.2 esitetyn Succarin maturiteettimatriisin avulla.

4.1.1 Tietomallien käyttö kohdeyrityksen projekteissa

Haastattelujen perusteella voidaan todeta, että yrityksen tietomallintamiskäytännöt ovat hyvin eri tasoilla riippuen projektihenkilöstön toimenkuvasta. Työnkuvastaan johtuen suunnittelijat hallitsivat mallien käytön parhaiten, sillä tietomallintaminen on heille päivittäistä työtä. Seuraavaksi parhaiten tietomallien käytön hallitsivat projektipäälliköt; heistä lähes kaikki käyttivät tietomalleja päivittäisessä työssään. Osa työmaapäälliköistä kertoi käyttävänsä tietomalleja päivittäisen työnsä suunnittelussa, osa taas ei juuri ollenkaan. Kaikista vähiten tietomalleja käytettiin tuotannossa. Nämä tulokset olivat odotettavia; tietomallintaminen on perinteisesti nähty eniten nimenomaan geometrisena työkaluna. (Bryde et al. 2013) Myös tässä tutkimuksessa suunnittelupäälliköiden haastatteluissa eräinä tärkeimmistä seikoista mainittiin mittatietojen oikeellisuus, sekä suunnitteluvirheiden väheneminen.

Tietomallintamista on kuitenkin tutkittu myös projektinhallinnan näkökulmasta, ja Bryde et al (2013) toteavat että tietomallintamisen tuonti projektinhallintaan vaikuttivat positiivisesti näihin projektin seikkoihin tässä järjestyksessä:

1. Hinta,
2. Aika,
3. Kommunikaatio,
4. Koordinaatio,
5. Laatu.

Tietomallintamisen negatiivisiksi puoliksi Bryde et al. nostavat lähinnä ohjelmisto- ja laiteongelmat. Tässä tutkimuksessa esille tulleet seikat ovat hyvin linjassa näiden kanssa. Haastattelujen perusteella kohdeyrityksessä käytetään tietomalleja projektinhallintaan enenevässä määrin, ja projektinhallintatyökaluja kehitetään jatkuvasti. Kuitenkin eri projektien välillä oli eroja tietomallien hyödyntämisessä. Projektinhallinnan kannalta tärkeimmiksi seikoiksi mainittiin:

- Työmaan statustiedon seuranta, ja sen avulla
 - o kustannus- ja aikatauluseuranta ja tuotannon suunnittelu,
- Havainnollistaminen ja kommunikointi,
- Asennusjärjestyksen ja asennuksen suunnittelun apuväline.

McGraw-Hill Constructionin tekemän haastattelututkimuksen (McGraw & Hill Construction 2009) mukaan tietomallinnuksen koettu arvo projektille riippuu eniten siitä, että suunnittelijat ovat kokeneita ja osaavia tietomallien käyttäjiä. Tässä tutkimuksessa haastatelluilla suunnittelupäälliköillä oli runsaasti kokemusta ohjelmien käytöstä ja mallintamisesta, sekä myös työmaa- ja projektipäälliköt olivat yleisesti sitä mieltä, että tietomallit ovat hyviä ja samantasoisia eri projektien välillä. Yhdessä haastattelussa tuli ilmi, että aliurakointina ostetuilla suunnittelumalleilla tuotetut dokumentit ovat hankalampia käyttää tuotannossa. Myös kohdeyrityksen omat mallinnuskäytännöt olivat yhdessä projektissa aliurakoitsijoilta hieman unohtuneet; tällä ei kuitenkaan ollut työmaan haastattelujen mukaan merkitystä.

Toiseksi tärkein asia tietomallinnuksen onnistumiseksi oli McGraw-Hillin mukaan projektissa käytössä olevien ohjelmistojen yhteensopivuus, tiedonvaihdon helppous projektin osallistujien välillä ja tietomalleista tuotettujen dokumenttien sisältämä informaatio koettiin erittäin tärkeiksi asioiksi. (McGraw & Hill Construction 2009) Tässä tutkimuksessa kommunikointi projektin eri osapuolten välillä mallin välityksellä mainittiin myös useassa haastattelussa tärkeäksi asiaksi. Muille projektin osapuolille (sisäisille ja ulkoisille) on esitetty mallin avulla haastavia kohtia sekä tietokoneen välityksellä, että suunnittelukokouksissa. Mallista saatavia dokumentteja varten kohdeyrityksellä on käytössään Tekla Structuresin raportinluontityökalun lisäksi omia lomakepohjia sisältävä *Multi Report Generator*.

Tässä tutkimuksessa haastateltujen työmaapäälliköiden mukaan työmailla käytettiin tietomalleja vaihtelevasti; joillakin työmailla mallia käytettiin päivittäisten ja viikoittaisten työtehtävien suunnitteluun ja asennusstatus päivitettiin joka päivä, yhdessä mallia ei päivitetty ollenkaan, ja yhdessä käytössä oli BIMsight, jonka avulla ei pysty mallien UDA-tietoja muuttamaan. Työmaapäälliköiden haastatteluissa tuli myös esille työmaa-henkilöstön käytännönläheinen näkökulma; siinä missä tietomallit ovat pääasiallinen työkalu suunnittelijoille ja välttämätön projektihallintatyökalu projektipäälliköille, työmaa-henkilöstön pääasiallinen työ on varmistaa asennuksen toteutuminen, ja tietomalli on vain yksi pieni osa sitä. Asentajatasolla tietomalleja hyödynnettiin myöskin vaihtelevasti; jotkin asentajat pitivät sitä hyvänä työkaluna, ja jotkut eivät halunneet edes avata tietokonetta. Joillain työmailla oli ollut asentajia varten tietokone mukana työkalukontissa, jota oli liikutettu asennuksen edetessä.

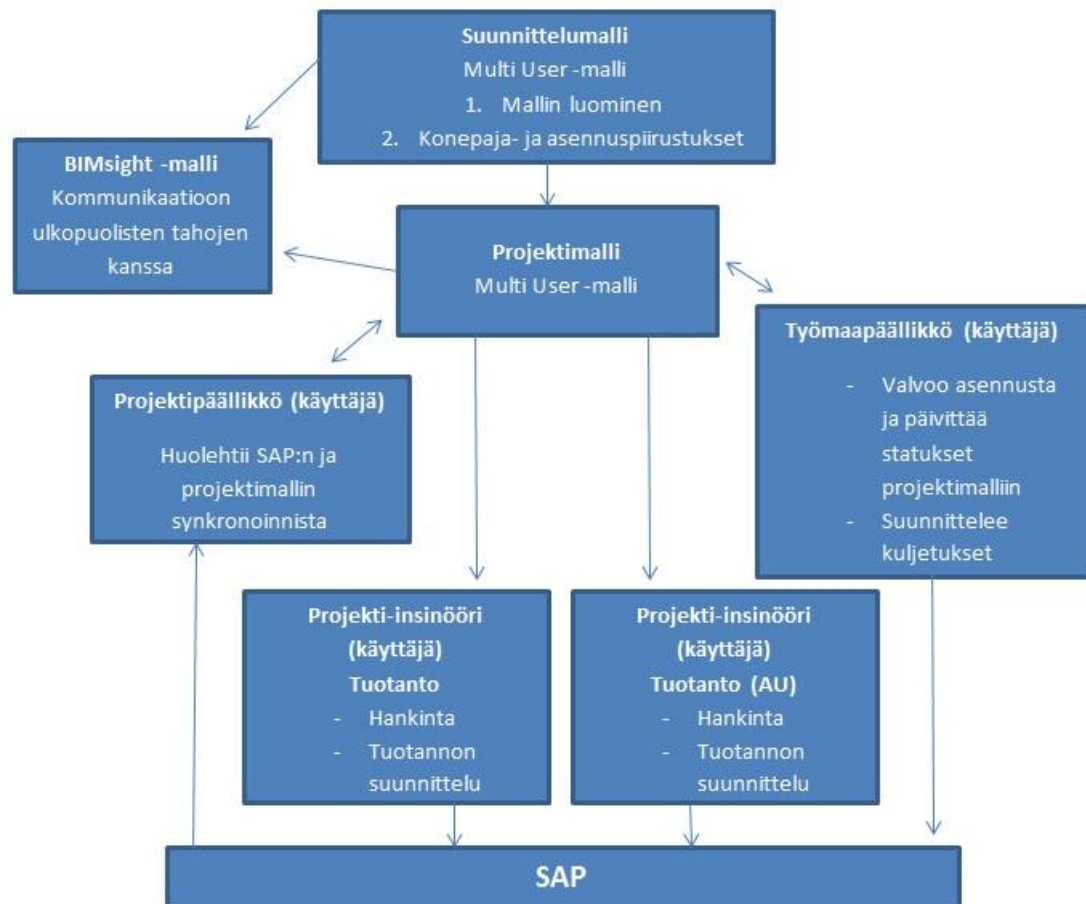
Vähiten tietomalleja hyödynnetään tällä hetkellä tuotannossa. Tuotannon näkökulmasta mallien suurimmat hyödyt tulevat malleista saatavista dokumenteista; materiaalilistoista ja statustiedoista.

Yleisesti ottaen kohdeyrityksen projekteissa tietomallinnusta hyödynnetään toimenkuvittain seuraavissa tehtävissä:

- **Projektipäälliköt:**
 - o Asennuksen aloituspiste,
 - o Alustava lohkojako ja asennusjärjestys tiedoksi tuotantoon,
 - o SAP-tietojen tuominen malliin kuljetuksista ja tuotannosta,
 - o Projektin etenemän seuraaminen,
 - o Mallin kautta asioiden esittäminen palaverissa.
- **Suunnittelupäälliköt:**
 - o Raakamallin luominen,
 - Rakenteiden mitoitus,
 - Mallinnus,
 - o Detaljien teko suunnittelumalliin,
 - o Konepajapiirustusten teko,
 - o Mallin päivittäminen.
- **Työmaapäälliköt:**
 - o Virheiden tai ongelmien ratkaisu,
 - o Tunnusten ja mittojen etsiminen ja tarkistaminen,
 - o Detaljien tarkastelu,
 - o Kuljetusten suunnittelu,
 - o Elementtien valmistuksen ja asennuksen statusseuranta,
 - o Asennussuuntien tarkistaminen.
- **Tuotanto:**
 - o Mallista saatavat materiaalilistat,
 - o Hankinta,

- Tuotannon suunnittelu,
- Projektin statustiedon selvitys.

Kuvassa 4.1 on esitetty tietomallin käyttö esimerkkiprojektissa.



Kuva 4.1. Tietomallin yhteiskäyttö esimerkkiprojektissa. (Muokattu lähteestä (Ruukki Construction 2015)).

Kuvasta 4.1 voidaan nähdä, että tietoa liikkuu projekteissa moneen eri suuntaan monen eri käyttäjän välillä. Tämän takia on erityisen tärkeää, että tarvittavat tiedot ovat ajan tasalla, ja tarvittava tieto liikkuu projektin osapuolten välillä **Just in Timen (JIT)** mukaisesti. Haastattelujen mukaan suurimmassa osassa projekteista toimii suunnittelun ja projektipäälliköiden osalta enimmäkseen esimerkkiprojektin mukaisesti. Työmaiden osalta statusten päivitystä hoidettiin kolmessa projektissa viidestä. Lisäksi useissa haastatteluissa tuli ilmi, että SAP-tietoihin ei aina voi luottaa, ja niissä on vaihtelua eri tehtaiden välillä.

Alakappaleessa 2.4.1 esiteltiin *Lean Project Delivery System*, joka koostuu viidestä eri vaiheesta:

- Projektin määrittely,

- Lean-suunnittelu,
- Lean-hankinta,
- Lean-kokoonpano,
- Käyttö. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Kohdeyrityksen liiketoimintaprosessi koostuu näistä kaikista vaiheista, ja kaikkien näiden vaiheiden välillä tulee informaation ja mallitiedon liikkua Just in Timen periaatteiden mukaisesti, jotta taataan häiriötön prosessi. Vaikka kohdeyrityksellä onkin haastattelujen perusteella eri vaiheet hyvin hallinnassa, tiedon kulussa vaiheiden välillä kuvan 4.1 mukaisesti on vielä parantamisen varaa.

4.1.2 Nykytilanne BIM Maturiteettimatriisissa

Alakappaleessa 2.5.2 esiteltiin Bilal Succarin väitöskirjatyönään kehittämä BIM Framework ja BIM Maturity Matrix. Tässä alakappaleessa arvioidaan kohdeyrityksen tietomallintamisen tilannetta tuon maturiteettimatriisin avulla perustuen luvussa 3 esitettyihin haastattelutuloksiin.

Succarin mallissa eri osa-alueiden maturiteetti arvioidaan seuraavan asteikon mukaan:

1. Alkutila (Initial)
2. Määritelty (Defined)
3. Hallittu (Managed)
4. Integroitu (Integrated)
5. Optimoitu (Optimised).

Ohjelmistot, integroitu (4): Integroidulla tasolla organisaation ohjelmistovalinta ja -käyttöönotto on tehty strategisten tavoitteiden, ei pelkästään toiminnallisten vaatimusten, mukaan. Mallintamisen tuotokset ovat samankaltaisia ja -tasoisia eri projektien välillä, ja ne on sitoutettu liiketoimintaprosesseihin. Organisaatiossa on käytössä mallien yhteiskäytön mahdollistavat menetelmät, ja niitä säännellään ja kehitetään osana organisaation ja projektitiimien strategiaa. (Succar 2010)

Kohdeyritys on tehnyt pitkään strategista yhteistyötä Teklan kanssa kehittääkseen tietomallintamistyökalujaan paremmin omiin projekteihinsa sopiviksi. Haastattelujen perusteella tietomallit ovat projektien välillä pitkälti yhtenäisiä, riippumatta ovatko ne omien vai alihankintana ostettujen suunnittelijoiden tekemiä. Kohdeyrityksellä on käytössään omat pohjat mallista saatavia objektitietoja varten.

Laitteisto, määritelty (2): Määritellyllä tasolla organisaation laitteistovaatimukset on määritelty niin, että tietomallien ja niistä saatavien dokumenttien ja palveluiden tuotanto on vähintään riittävällä tasolla. Uusiin laitteisiin menevät kulut on budjetoitu ja laitteiston vaihdot ja päivitykset suoritetaan aika-ajoin. (Succar 2010)

Haastatteluissa ei noussut esiin laitteistosta johtuvia ongelmia tietomallien käsittelyssä. Hallittu-tasolle päästäkseen yrityksellä tulee olla olemassa strategia hallitakseen ja ylläpitääkseen tietomallintamislaitteistoa.

Verkot, määritelty (2): Määritellyllä tasolla organisaatiolla on olemassa verkkoratkaisut informaation jakamiseen ja kontrolloimiseen, vaikka ne olisivatkin hitaita. Projektitasolla eri osapuolet ovat tietoisia millaista dataa ja informaatiota heidän tulee jakaa. (Succar 2010)

Kohdeyrityksellä on käytössään oma Peräseinäjoella sijaitseva palvelin, johon projektien tietomallit ja muut tiedot tallennetaan. Kuitenkin useissa haastatteluissa tuli ilmi, että tuo palvelin on kovin hidas käyttää erityisesti projekteissa, joissa tietomalli sisältää suuren määrän tietoa ja on siksi suurikokoinen.

Työympäristö, määritelty (2): Määritellyllä tasolla työympäristön vaikutus työmotivaatioon ja -tehokkuuteen on tunnistettu. Tietomalleihin liittyvää tietoa hyödynnetään, jaetaan ja dokumentoidaan. (Succar 2010)

Haastattelujen perusteella tietomalleja ja niihin liittyvää dokumentaatiota hyödynnetään projektien tiedonvaihdossa varsin hyvin. Tietomalleja on hyödynnetty suunnittelu- ja työmaakokouksissa asioiden havainnollistamiseen. Malleissa olevat poikkeamat raportoidaan ja poikkeaman suuruudesta riippuen päivitetään myös malliin.

Tuotteet ja palvelut, hallittu (3): Hallitulla tasolla on olemassa selkeät vaatimukset projektien tietomallintamisvaatimuksille ja ne on otettu käyttöön. (Succar 2010)

Alaappaleessa 2.2.1 on esitelty yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. Tämän lisäksi kohdeyrityksellä on myös oma ohjeensa Tekla Structuresin käytöstä projektinhallinnassa, jossa on esitetty myös suunnittelun minimivaatimukset (Ruukki Construction 2014). Haastattelujen perusteella kohdeyrityksen projektien tietomallinnusprosessi on standardoitua ja yhteneväistä eri projektien välillä Skandinaaviassa. Keski-Euroopan projekteissa ei haastattelujen aikaan ollut vielä toteutettu projekteja, joissa Tekla Structuresia olisi hyödynnetty suunnittelua lukuun ottamatta.

Henkilöstö, hallittu (3): Hallitulla tasolla organisaation projekteissa malleja hyödynnetään samalla tavalla ja projektien välinen kommunikaatio on mahdollista. Informaatiota saadaan projekteista samalla tavalla, tietomallintamiseen liittyvät roolit ovat näkyviä ja tavoitteisiin päästään tasaisemmin. (Succar 2010)

Kohdeyrityksessä on tehty tietomallien kanssa kehitystyötä useita vuosia. Osaamisvaatimukset toimenkuvaa kohden on määritelty, ja projektien tietomallityöskentelykäytännöt ovat pitkälti vakinaistuneet. Yrityksessä on myös tietomallinnuksen kehittämistä ja koulutuksesta vastaava BIM-manager.

Johto, hallittu (3): Hallitulla tasolla tietomallinnusvisio on kommunikoitu ja lähes koko henkilöstö on ymmärtänyt sen merkityksen. Tietomallintamisen implementaatiostrategialle on tehty yksityiskohtainen suunnitelma ja se on ymmärretty sarjana teknologia-, prosessi- ja toimintatapamuutoksia, jotka täytyy hoitaa innovaatiota tukahduttamatta. Tietomallintamisen mahdollistamat liiketoimintahyödyt on tunnistettu ja niitä käytetään osana markkinointistrategiaa. (Succar 2010)

Kohdeyritys on pyrkinyt profiloitumaan tietomallintamisen edelläkävijänä niin suunnittelussa kuin projektinhallinnassakin. Yrityksessä on tutkittu ja kehitetty tietomallintamista useamman vuoden ajan, ja vuonna 2009 solmittiin Teklan kanssa strateginen yhteistyösopimus. Tuolloin visioksi määriteltiin tietomallintamisen hyödyntäminen koko rakennusprojektin elinkaaren ajan:

- Projektikehitystyö
- Myynti
- Suunnittelu
- Valmistus
- Asennus
- Ylläpito. (Ruukki Construction 2009)

Tietomallintamisen hyödyt on tunnistettu ja vuonna 2012 esiteltiin vuoteen 2015 ulottuva yksityiskohtainen suunnitelma yrityksen tietomallintamisen kehittämisestä (Ruukki Construction 2009). Kohdeyritys myös kertoo tietomalliosaamisestaan verkkosivuillaan.

Säännöt ja ohjeistus, määritelty (2): Succarin mallissa ollaan määritellyssä tilassa silloin, kun ohjelinjat mallintamiseen ja dokumentointiin ovat määritelty hyvin, ja niitä voi verrata yleisesti hyväksytyihin standardeihin. Kohdeyrityksellä on olemassa omat mallintamisohjeensa, joita voi verrata yleisiin tietomallivaatimuksiin (YTV2012) soveltuvien osin. (Succar 2010)

Sopimukset: Määritellyssä tilassa tietomallintamisen tuomat lisävaatimukset ja tekniset asiat ovat huomioitu sopimuksissa. (Succar 2010)

Tässä tutkimuksessa ei perehdytty projektien sopimusmalleihin, joten ne jätetään tässä huomioimatta.

Koulutus ja kehitys, määritelty (2): Määritellyssä tilassa henkilöstön osaamisvaatimukset on määritelty, mutta koulutusta järjestetään yleensä vain tarvittaessa. Opetusmenot vaihtelevat, sallien joustavuutta opetettavissa asioissa. (Succar 2010)

Haastattelujen perusteella suunnitteluhenkilöstö koki osaamisensa riittäväksi, mutta työmaa- ja projektihenkilöstöstä osa henkilöstöstä koki koulutuksen puutteen tietomallin hyödyntämistä haittaavaksi seikaksi. Erityisesti työmaahenkilöstölle kattavan koulutuksen järjestäminen koettiin ongelmalliseksi, sillä Ruotsissa ja Norjassa työskentelevät

henkilöt käyvät kohdeyrityksen toimistoilla harvoin, yleensä vain projektien alussa ja lopussa.

Taso (BIM stage), mallipohjainen yhteistyö (2): Alakappaleessa 2.5.2 kuvattiin Succarin Frameworkin tasot:

- Pre-BIM status
- Taso 1: Objektipohjainen mallintaminen
- Taso 2: Mallipohjainen yhteistyö
- Taso 3: Verkkopohjainen integraatio
- Integrated Project Delivery (IPD)

Näistä tasoista voidaan kohdeyrityksen katsoa olevan tasolla 2, sillä sen minimivaatimukset täyttyvät. Näitä vaatimuksia ovat:

- Yhteistyötä tehdään mallin kautta myös muiden suunnittelualojen edustajien kanssa,
 - o pääosin IFC-mallien kautta (ks. kappale 2.2, kuva 2.2)
 - o joissain tapauksissa suoraan Tekla Structuresin *.db1-mallien kautta
- Mallien yhteiskäyttö ulottuu projektin elinkaaren eri yhden tai kahden (suunnittelu, rakentaminen, ylläpito) ajalle,
 - o arkkitehtisuunnittelu ja teräsrakennesuunnittelu (suunnittelu-suunnittelu)
 - o rakennesuunnittelu ja teräsrakennesuunnittelu (suunnittelu-suunnittelu)
 - o teräsrakennesuunnittelu ja asennusseuranta (suunnittelu-rakentaminen)
- Yhteistyömallit sisältävät tarkkaa 3D geometrista dataa
- Malleja voi myös käyttää 4- ja 5D -tarkasteluihin (aikataulu- ja kustannusarviot)

Osa-alueiden maturiteetit ja kohdeyrityksen tietomallinnuksen tason yhdistämällä saadaan alakappaleessa 2.5.2 kuvattu *maturiteettimatriisi*. Maturiteettimatriisiin voidaan myös laskea pisteet, joita voidaan Succarin mukaan käyttää organisaatioiden epävirallisissa itsearvioinneissa. Pisteet voidaan laskea millä tahansa organisaatioskaalalla, joten niiden tutkimuksesta poispudottamisella ei ole merkitystä. Myös *sopimukset* on jätetty tässä huomioimatta. Kustakin kohdasta lasketaan pisteet maturiteetin mukaan, ja yhteispisteet jaetaan kohtien lukumäärällä (10). Kohdeyrityksen maturiteettimatriisi on esitetty taulukossa 4.1. (Succar 2010)

Taulukko 4.1. Kohdeyrityksen tietomallinnustilan arviointi Succarin maturiteettimatriisissa. (Mukailtu lähteestä (Succar 2010))

BIM Maturiteettimatriisi		1	2	3	4	5
		Alkutila (10p)	Määritelty (20p)	Hallittu (30p)	Integroitu (40p)	Optimoitu (50p)
Teknologia	Ohjelmistot				X	
	Laitteisto		X			
	Verkot		X			
Prosessit	Työympäristö		X			
	Tuotteet ja palvelut			X		
	Henkilöstö			X		
	Johto			X		
Toimintatavat	Säännökset ja ohjeistus		X			
	Sopimukset					
	Koulutus ja kehitys		X			
Taso	Taso 2: Mallipohjainen yhteistyö			X		
Välisumma			100	120	40	
Yhteensä		260				
Maturiteettipisteet		26				

Kohdeyritykselle saatiin Succarin maturiteettimatriisista pistemääräksi 26. Tällöin ollaan ”määritellyn” ja ”hallitun” välissä, kuitenkin enemmän hallitun puolella. Succarin mukaan organisaatio on tällöin tietomallintamisen suhteen oma-aloitteinen ja yhteistyökykyinen, ja sen käytännöt ovat hyvin dokumentoituja ja hoidettuja. Projektin osapuolten välillä on molemminpuolista luottamusta ja kunnioitusta, ja projektien riskejä ja palkintoja jaetaan. (Succar 2010)

Seuraavalla mallipohjaisen yhteistyön tasolla myös organisaation kaikki aliurakoitsijat ovat omaksuneet kaikki organisaation tietomallintamiskäytännöt. Tämä korostuu erityisesti heidän mukanaolollaan projektin elinkaaren aikaisessa vaiheessa. (Succar 2010)

4.2 Tietomallien hyödyntämisen ongelmakohdat työmailla ja projektinhallinnassa

Tässä kappaleessa on esitetty ongelmakohtia, liittyen suorasti tai epäsuorasti tietomallintamiskäytäntöjen toteutumiseen kohdeyrityksen projekteissa.

Haastattelujen perusteella kohdeyrityksen tietomallien hyödyntämisen suurimmiksi ongelmakohdiksi nousi:

1. Mallitieto ei ole aina ajan tasalla,
2. Verkkoyhteyksien hitaus,
3. Koulutuksen puute.

Edelle olevat ongelmat nousivat esille lähes kaikissa projekti- ja työmaapäälliköiden haastatteluissa. Muita ilmitulleita ongelmia olivat:

4. Mallin yhteiskäytön puute aliurakoitsijoiden kanssa,
5. Suunnittelukustannukset nousseet tietomallintamisen seurauksena,
6. Malli ei ole riittävän yksityiskohtainen,
7. Ohjelmiston tiheät versiopäivitykset,
8. Ohjelmistojen yhteensopimattomuus,
9. Yritysten käytännöt tietomallien jakamisessa,
10. Eri suunnittelualojen mallien yhteensopimattomuus,
11. Pällekkäisyys ja virheet luoduissa listoissa.

Alakappaleessa 4.1.1 kuvassa 4.1 on esitetty kohdeyrityksen esimerkkiprojektin mukainen tietomalliverkosto. Verkostosta nähdään, että monet eri projektin osapuolet ovat riippuvaisia tiedon oikea-aikaisesta kulusta. Projektipäälliköt myös toimivat projekteissa yhdyshenkilöinä, joiden kautta tieto kulkee. Mikäli malli ei ole ajan tasalla, projektipäällikön täytyy selvittää asioita muuta kautta, mihin kuluu ylimääräistä aikaa.

Mallitiedon ajantasaisuuteen vaikuttaa tutkimuksen mukaan useat seikat. Suurimmalla osalla työmaita asennusstatukset päivitettiin projektimalliin päivittäin, ja aikaa tähän ei kulunut kuin 10-20 minuuttia. Kuitenkin suurissa projekteissa **verkkoyhteyksien hitaus** mainittiin ongelmaksi, jonka takia statuspäivitystä ei tullut aina päivittäin tehtyä. Tämä ilmeni erityisesti syrjäisemmillä alueilla, joissa oli huonot tietoliikenneyhteydet. Verkkoyhteydet ovat myös yksi Succarin BIM Frameworkissa arvioitavista kohdista, jossa kohdeyrityksen tapauksessa ollaan vielä varsin matalalla. Succarin mallissa eteenpäin mentäessä verkkoyhteydet mahdollistavat reaaliaikaisen mallin käsittelyn ja tiedonvaihdon osapuolten välillä sijainnista riippumatta (Succar 2010). **Mallitiedon** päivittämiseen ja hyödyntämiseen liittyen osa projektipäälliköistä ja työmaapäälliköistä mainitsivat **koulutuksen puutteen**. Kaikki haastateltavat tunnistivat tietomallintamiseen liittyvän potentiaalin, mutta suunnittelupäälliköitä lukuun ottamatta lähes kaikki haastateltavat kokivat, että heidän tietomallien käytössään on vielä parantamisen varaa.

Suurempi ongelma informaation ajantasaisuuteen liittyen oli tuotannon SAP-tietojen päivittäminen. Työmailla, joissa Tekla Structures oli käytössä, työmaapäälliköt hoitivat kuormien tilaamisen tietomallin kautta. Haastatteluissa ilmeni, että useasti SAP-tietojen tuonti malliin ei suju ongelmattomasti johtuen siitä, että tehtailla on eri käytäntöjä päivittää tuotannon statustietoja järjestelmään. Erään haastateltavan mukaan kuukaudessa

menee yksi ylimääräinen työpäivä yhden tehtaan statustietojen selvitykseen. **Lean-filosofian** mukaisesti tässä syntyy turhaa työtä, hukkaa. (Womack & Jones 2003)

Leanin mukaan hukkaa on myös käytetty aika, materiaali, työntekijät, koneet, sekä tehty työ, joka ei luo tuotteelle asiakkaan kannalta lisäarvoa (Merikallio & Haapasalo 2009). Haastattelujen perusteella kohdeyrityksessä tapahtuu myös muita tällaisia seikkoja. Tuotannon haastatteluissa mainittiin, että tehtaalla odotetaan toisinaan konepajapiirustusten saapumisen jälkeen joitakin päiviä, ennen kuin materiaalit tilataan. Tämä tehdään siitä syystä, että kun projektissa on tiukka aikataulu, niin eletään ns. ”kädestä suuhun” periaatteella. Tällöin konepajapiirustuksia lähetetään tehtaalle pieninä ryppäinä sitä mukaa kun ne valmistuvat, ja tuotanto pyrkii tilaamaan materiaalia isommissa erissä. Tuotannon haastatteluissa myös mainittiin, että heidänkin täytyy hankkia joitain osia alihankintana, joilla on myös oma toimitusaikansa. Tällöin huonoimmassa tapauksessa elementtien toimitus työmaalle voi viivästyä.

Alakappaleessa 2.4.1 esiteltiin **Lean-filosofian** periaatteita ja työkaluja, joista yksi oli **5 x Miksi (5 x Why)**. Tätä periaatetta soveltaen edelliseen esimerkkiin saadaan seuraavanlainen ketju:

1. Asennus työmaalla pysähtyi. *Miksi?*
2. Elementit eivät valmistuneet ajoissa. *Miksi?*
3. Tehtaalla odotettiin materiaalitilauksien kanssa. *Miksi?*
4. Konepajapiirustuksia lähetettiin pienissä erissä. *Miksi?*
5. Suunnitteluajataulu oli liian tiukka.

Tutkimuksen kohteena olleissa projekteissa ei asennus tämän takia pysähtynyt, mutta haastatteluissa tuli myös ilmi että muutamassa projektissa oli ollut joko liian tiukka tai epämääräisesti asetettu suunnitteluajataulu, johon oli merkitty vain suunnittelun alku- ja lopetuspäivät. Osittain tämän takia yhdessä projektissa oli lähes kaikki jouduttu suunnittelemaan kahteen kertaan; kyseisessä projektissa revisioiden suureen määrään vaikutti myös tilaajalta myöhässä tulleet tiedot. Suurimmassa osassa projekteja ei kuitenkaan ollut aikataulun kanssa ongelmia.

Myös suunnittelukustannusten mainittiin nousseen tietomallintamisen seurauksena; McGraw-Hill Constructionin (2014) selvityksessä kävi kuitenkin ilmi että kolme neljästä rakennusliikkeistä raportoi positiivisen tuoton (Return on Investment, ROI) tietomallintamiseen sijoitetuille varoille. Suurin osa yrityksistä ilmoitti ROI:ksi 10-25%.

Suunnittelun näkökulmasta turhaa työtä, kahteen kertaan tekemistä, syntyy myös kun tarjousvaiheessa joudutaan tekemään erikseen laskentamalli, ja sen jälkeen Tekla Structures -malli. Kaksi suunnittelupäällikköä mainitsi tämän ohjelmistojen kommunikaatiopuutteen ongelmaksi. **Ohjelmistoihin** liittyväksi ongelmaksi todettiin myös IFC → db1-malli → IFC-käännökset. Jotain tietoa saattaa tällöin kadota, tai mallia käsiteltäessä tulee samaa työtä tehdä uudelleen ja uudelleen. Bryde et al. mainitsevat myös tietomal-

lintamiseen liittyväksi ongelmaksi alan eri toimijoiden käyttämien ohjelmien yhteensopivuuden, ja sen että yrityksen omia tietomalleja ei yleensä sellaisenaan jaeta eteenpäin, jolloin informaatiovirta myös häiriintyy. Myös Gu ja London (2010) mainitsevat ongelman, joka syntyy kun yritykset eivät halua jakaa mallejaan eteenpäin. He ehdottavat tietomallin ulkoistamista palveluntarjoajille, jolloin kuitenkin tarvitaan lainopillisia lisätoimia ja sopimuksia takaamaan informaation turvallisuuden ja käyttäjien luottamuksen. (Gu & London 2010) Tässä tutkimuksessa ohjelmistoihin liittyväksi ongelmaksi mainittiin myös tiukat ohjelmistopäivitykset ja niihin totuttelu.

4.3 Ongelmakohtien ratkaisun mahdollistaminen

Kohdeyrityksen kannalta oleellisinta on korjata kappaleessa 4.2 esitetyt kolme suurinta ongelmaa. Nämä ongelmat mainittiin useissa haastatteluissa, ja niillä on vaikutuksia yrityksen koko prosessiin. Näiden ongelmien välittöminä korjaustoimenpiteinä voidaan pitää:

1. Yhtenäisien BIM-osaamisvaatimusten luominen toimenkuvittain projektihenkilöstölle ja niiden käytön vaatiminen projekteissa,
2. Tuotannon statustietojen yhtenäistäminen tehtaittain ja projektimalliin tuonnin tehostaminen,
3. Investointi työmaahenkilöstön laitteistoihin ja nopeampiin verkkoratkaisuihin,
4. Projektihenkilöstön kouluttaminen toimenkuvaan liittyviin mallinnustyökaluihin.

Tietomallinnus kohdeyrityksen projekteissa ei ole vielä täysin vakiintunutta, ja projektien käytännöissä on vielä paljon vaihtelua. Succarin (2010) mukaan organisaation tietomallintamisen maturiteetin kehittyessä henkilöstön roolit tietomallintamisen suhteen tulevat selkeämmiksi, ja perinteiset projektitiimiroolit väistyvät tietomallisuuntaisempien tieltä. Myös Gu ja London (2010) näkevät henkilöstön BIM-suuntautumisen ja uudet roolit kuten BIM manager välttämättöminä. Dossick ja Neff (2010) kuitenkin esittävät, että vaikka tietomallintaminen nähdään rakennusalaan yleisesti yhteistyötä lisäävänä ilmiönä, voi tietomallintamisen tuominen projektiin kuitenkin heikentää yhteistyötä. Tämä johtuu heidän mukaansa organisatorisista ja kulttuurillisista eroista suunnittelijoiden ja rakentajien, sekä pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välillä. Tästä johtuen projektipäällikön rooli johtajana korostuu (Dossick & Neff 2010). Succarin Frameworkissa sekä Leanissa ja LDPS:ssäkin korostetaan yhteistyön saumattomuutta aliurakoitsijoiden kanssa (Succar 2010; Merikallio & Haapasalo 2009). Kuten kappaleessa 2.1 todettiin, rakentaminen on kertaluontoista projektiliiketoimintaa, mutta organisaation tietomallinnusosaamisen kehittyessä henkilöstön osaamisedellytykset ja toimenkuvat vakinaistuvat, mikä osaltaan tehostaa yrityksen toimintaa ja projektien onnistumista. Tietomallinnusosaamisen kehityksen edellytyksenä on tietomallinnustoimintojen tuominen henkilöstön toimenkuviiin. BIM-osaamisvaatimusten luominen toimenkuvittain ja niiden

käytön vaatiminen projekteissa veisivät omalta osaltaan kohdeyritystä kohti tällaista saumattomuutta ja Lean-projektituotantoa.

Kohdeyrityksessä käytössä oleva Tekla Structures on oikein käytettynä tuotu hyvin organisaation käyttöön. Projekteissa, joissa työmaalla päivitettiin asennetut elementit oikein, yhteiskäyttö työmaan, projektipäälliköiden, ja suunnittelijoiden välillä toimi hyvin. Kuitenkin monissa projekteissa mainittiin ongelmaksi Tekla Structuresiin tuotujen SAP-tuotantotietojen epäluotettavuus. Kohdeyrityksen projekteihin saattaa tulla elementtejä useilta eri tehtailta, jolloin työmaalla pitää käyttää ylimää räistä aikaa ja tarkkuutta elementtien tilaamisessa, ja työtehtävien suunnittelu vaikeutuu. Kohdeyrityksessä on käytössä työkalu SAP:n tietojen tuomiseksi Tekla Structuresiin, mutta lähtökohtaisesti SAP-tietojen tulisi olla ajan tasalla, vaikka työkalua käytettäisiin oikein. Yrityksessä on myös kehitetty työkalua, joka automatisoi SAP-tiedon tuonnin tietomalliin. Kuitenkin lähtökohtaisesti kaikkien tehtaiden tuotantoprosessi pitäisi saada sellaiseksi, että SAP:ssa oleva tieto on aina ajan tasalla.

Jotta tietomallien käyttö työmaalla voi tehostua, tulee työmailla ensinnäkin olla tähän sopivat laitteistot ja verkkoyhteydet. Työmaapäälliköiden haastattelujen mukaan mallin päivitys on jäänyt joskus tekemättä hitaiden laitteiden tai hitaan verkkoyhteyden takia. Tämä on myös olennainen osa Succarin Frameworkissa eteenpäin pääsyä. Succarin mallissa sijoitukset laitteistoon nähdään tietomallintamisen kiihdyttäjinä organisaatiossa, ja verkkoyhteyksien parantaminen mahdollistaa ja vie organisaatiota kohti integroitua projektituotantoa (IPD). (Succar 2010) Verkkonopeuksien tehostaminen on kuitenkin kallias, ja joissain tapauksissa varmasti hyvin vaikeastikin toteutettava ratkaisu. Vaihtoehtoisiksi ratkaisuksiksi voisi miettiä erilaista käytäntöä laitteistoissa, esimerkiksi offline-mallin käyttäminen työpäivän aikana, josta tiedot synkronoituisivat työajan ulkopuolella, tai Teklan kehittämä Model Sharing.

Osasyynä erilaisiin tietomallinnuskäytäntöihin projekteissa oli myös koulutuksen puute. Osa haastateltavista koki, että mallinnusohjelmat ovat liian monimutkaisia tai päivittyvät liian nopeasti. Kohdeyrityksessä tulisikin määrittää eri projektin osapuolten osaamistarpeet ja järjestää riittävä koulutus, jotta päivittäinen tietomallinnusohjelmien käyttö onnistuisi. Riittävä osaaminen omatoimiseen käyttöön on olennaista; muutamassa haastattelussa mainittiin että asiat on kyllä opeteltu joskus, mutta käytön puutteen takia asiat ovat päässeet unohtumaan. Tämän lisäksi koulutus tietomallintamisen mahdollisuuksista olisi hyväksi, jotta henkilöstö saisi itsekin miettiä mitä ominaisuuksia omassa työtehtävässä olisi mahdollista hyödyntää.

Koulutuksen järjestäminen työmaapäälliköille on kuitenkin ongelmallista, sillä työmaahenkilöstö vierailee toimiston tiloissa harvoin, yleensä vain projektin alussa ja lopussa. Kohdeyrityksessä tulisikin miettiä vaihtoehtoisia koulutusmenetelmiä keskitettyjen koulutustilaisuuksien sijaan. Kahdenkeskisiä koulutuksia järjestetäänkin, mutta niiden sisäl-

tö vaihtelee. Tästäkin johtuen olisi hyvä luoda selkeät yhtenäiset vaatimukset toimenkuvittain, sekä mahdollisesti nämä vaatimukset kattava online-opetusmateriaali.

5. YHTEENVETO

5.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli luoda edellytykset kohdeyrityksen tietomallien hyödyntämisen kehitykselle työmailla ja projektinhallinnassa. Tähän pyrittiin kolmen alatavoitteen kautta, jotka olivat:

1. Nykytilanteen selvitys tietomallien hyödyntämisessä yrityksen työmailla ja projektinhallinnassa,
2. Tietomallien päivitykseen ja yhteiskäyttöön liittyvien ongelmien tunnistaminen,
3. Ratkaisuehdotusten esittäminen tunnistettuihin ongelmakohtiin.

Kappaleessa 4.1 tiivistettiin haastatteluissa (kappale 3.3) esille tulleet asiat, ja tehtiin maturiteettianalyysi perustuen Succarin Frameworkiin (Succar 2010). Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että kokonaisuudessaan kohdeyrityksen tietomallien käyttö suunnittelussa ja projektinhallinnassa on varsin pitkällä, vaikkakin projektien välillä on vielä paljon vaihtelua. Joissakin projekteissa tietomalleja on hyödynnetty huomattavasti enemmän kuin toisissa. Työmaalla päivitetty statustieto on projektipäällikön seurannan kannalta oleellinen asia, sillä yleensä projektipäällikkö ei ole projektin aikana fyysisesti paikalla työmaalla. Kuitenkaan tietomallia ei ole jokaisessa projektissa riittävän tiheästi päivitetty, johtuen hitaista laitteista tai verkkoyhteyksistä. Perinteisesti työmaahenkilöstön näkemyksen mukaan heidän tehtävänään on itse rakentaminen, eikä tietomallin kanssa toimiminen. Asentajatasolla tietomalleja on myös hyödynnetty vaihtelevasti, ja se on ollut asentajista kiinni; jotkut asentajat ovat olleet siitä kiinnostuneita ja toiset eivät. Kuten kappaleessa 4.3 todettiin, jotta tietomallin maturiteetti voi organisaatiossa kehittyä, tulee perinteisten roolien väistyä tai muuttua ja tilalle tulla tietomallisuuntautuneempia rooleja.

Ensimmäinen tutkimuksen tavoite, kohdeyrityksen tietomallintamisen nykytilan selvitys, toteutui varsin hyvin. Työssä tehtiin suuri määrä haastatteluja eri toimenkuvissa olevien projektiorganisaation henkilöiden kanssa, mistä syystä saatiin varsin monipuolinen kuva kohdeyrityksen tietomallintamisen nykykäytännöistä. Haastatteluissa nousi esille samoja asioita, ja tietyt seikat korostuivat. Kuitenkin haastattelujen luonteesta johtuen lähes jokaisessa haastattelussa nousi esille myös uusia näkökulmia. Haastattelujen tulokset on esitetty sellaisenaan luvussa 3, ja kappaleessa 4.1 on esitetty yrityksen tietomalliprosessi esimerkin avulla, sekä arvioitu yrityksen tietomallinnuksen nykytilanne Succarin maturiteettimatriisin avulla. Maturiteettimatriisin mukaan kohdeyrityk-

sen tietomallintaminen on lähes kokonaan hallitulla tasolla, ja kehitystyötä parempaan suuntaan tapahtuu koko ajan.

Toinen tutkimuksen tavoite toteutui myös hyvin. Tietomallien päivitykseen ja yhteiskäyttöön liittyen tutkimuksessa nousi esille tiettyjä ongelmia. Kuten edellä mainittiin, riittämättömät laitteet tai verkkoyhteydet olivat joissain tapauksissa olleet mallin päivittämättömyyden syynä. Tämän lisäksi joissain tapauksissa syynä oli ollut koulutuksen puute. Kuitenkin eniten työmaata haittaavaksi ongelmaksi nousi eri tehtaiden SAP-tuotantotietojen epäluotettavuus. Kohdeyrityksellä on käytössään useita elementtien statustietoon perustuvia projektinhallinnan työkaluja Tekla Structuresissa, mutta niiden käyttö edellyttää luotettavaa tietoa eri tehtailta. Erityisesti siis tuotantotietojen parempi synkronointi malliin tehostaisi tietomallien käyttöä projekteissa.

Myös kolmas tutkimuksen tavoite toteutui. Kirjallisuuskatsauksen ja haastattelujen perusteella suurimpien ongelmien korjauskeinoiksi voidaankin tiivistetysti esittää investointeja koulutukseen, laitteistoihin ja verkkoihin, projektitiimien tietomallinnuskäytäntöjen yhtenäistämistä, sekä tuotantotietojen tarkempaa syöttöä tuotannonohjausjärjestelmään. Tämän tutkimuksen puitteissa kovin yksityiskohtaista korjaussuunnitelmaa ei kuitenkaan voida esittää, mutta tämä työ luo pohjan yrityksessä myöhemmin tehtäville toimenpiteille.

5.2 Tutkimuksen toteutus ja luotettavuus

Tutkimuksessa haastateltiin yhteensä kuuttatoista (16) eri ihmistä viidestä (5) eri teräsrakennusprojektista. Haastateltujen lukumäärästä johtuen tietyt vastaukset alkoivat korostumaan, kuitenkin yksittäisissä haastatteluissa tuli aina joitakin uusia näkökulmia. Tutkimuksen kannalta poimittiin kuitenkin useimmin toistuneet, ja keskityttiin niihin, sillä niiden voidaan katsoa olevan alalla yleistettävissä olevia ongelmia. Samasta syystä toisen tutkimustavoitteen voidaan katsoa onnistuneen.

Haastattelut suoritettiin pitkällä aikavälillä, ensimmäisen ja viimeisen haastattelun välillä oli aikaa noin neljä kuukautta. Tästä johtuen, vaikka kysymyslista pysyi samana, tutkimuksen tekijän tieto aihepiiristä lisääntyi ja teemahaastattelun ”vapaamuotoisuudesta” johtuen haastattelutilanteet muuttuivat hieman erilaisiksi. Kuitenkin loppua kohden haastatteluissa ei tutkimuksen kannalta uutta ja mullistavaa tietoa juurikaan tullut.

Haastattelukysymysten valinta tehtiin melko aikaisessa vaiheessa tutkimusta, ja vaikka valintaa varten suoritettiin yksi pilottihaastattelu, myöhemmässä tutkimuksen vaiheessa kysymykset olisi varmaankin valittu hieman toisin. Kysymyslistassa olisi voinut olla myös muutama tarkentava kysymys liittyen Succarin maturiteettimatriisin kategorioihin, mutta tämän tutkimuksen kannalta maturiteettimatriisi tarjosi kuitenkin varsin hyvää tietoa kohdeyrityksen tietomallintamisen nykytilasta.

Vaikka kysymykset oli suunniteltu tutkimuksen kannalta erityisesti projektinhallintaan ja työmaakäyttöön liittyen, painottuivat vastaukset kuitenkin huomattavasti enemmän projektinhallinnan puolelle. Varsinaisesti tietomallien työmaahyödyntämistä käsittelevää materiaalia saatiin vastauksissa melko vähän, mutta tämä kertonee myös tietomallien alhaisesta käytöstä asennustyömailla. Muutoin tutkimus oli rajattu sopivasti, ja myös pysyi tutkijan mielestä rajauksissaan.

5.3 Jatkotutkimusaiheita

Tässä tutkimuksessa mukana olleet työmaapäälliköt sanoivat, että tällä hetkellä työmaalla on käytössä vain pieni osa siitä potentiaalista, mitä tietomallit tarjoavat, mutta mitään tiettyä lisätyökalua ei kuitenkaan mainittu. Työmaapäälliköille ja työnjohdolle suunnattujen mallinnustyökalujen kehittämisessä uskoisi olevan paljon tilaa tutkimukselle.

Myös epätarkasti laaditun suunnitteluajakataulun vaikutukset projektin muihin osiin nousivat tutkimuksen aikana esille. Suunnitteluajakataulun muutosten suorat ja epäsuorat vaikutukset projektin kokonaiskustannuksiin ovat varmasti myös kiinnostava aihe.

Maturiteettimalleja tietomallintamisen edistymisen mittaamiseen on myös luotu tietomallintamisen lyhyen historian aikana runsaasti, mutta useat niistä on tehty tietystä näkökulmasta (esim. rakennuksen omistaja), tai ne on kehitetty tietylle maantieteelliselle alueelle (Bew-Richards BIM Maturity UK). Maturiteettimallien soveltuvuus suomalaisen rakennussektorin mittaamiseen tarjonnee myös mielenkiintoisen tutkimusaiheen.

LÄHTEET

Ballard, G. (2000). Lean Project Delivery System, LCI White Paper-8, Lean Construction Institute, Saatavissa:

http://www.leanconstruction.dk/media/17577/Lean_Project_Delivery_System_.pdf.

Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM), International Journal of Project Management, (31), pp. 971-980.

BuildingSMART Finland Yleiset tietomallivaatimukset 2012, BuildingSMART Finland, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 4.5.2015): <http://www.buildingsmart.fi/8>.

COBIM (2012a). RT 10-11066 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 1. Yleinen osuus, Rakennustieto Oy.

COBIM (2012b). RT 10-11076 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen, Rakennustieto Oy.

COBIM (2012c). RT 10-11078 Yleiset tietomallivaatimukset 2012: Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa, Rakennustieto Oy.

Dossick, C. & Neff, G. (2010). Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction, Journal of Construction Engineering and Management, pp. 459.

Drew, J., McCallum, B. & Roggenhofer, S. (2004). Journey to Lean: Making Operational Change Stick, Palgrave MacMillan, 206 p.

Eskola, J. & Suoranta, J. (2000). Johdatus laadulliseen tutkimukseen, 3. painos., Vastapaino, Tampere, 268 p.

Gu, N. & London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry, Automation in Construction, Vol. 19(8), pp. 988-999.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2011). Tutkimushaastattelu - Teemahaastattelun teoria ja käytäntö, Gaudeamus Helsinki University Press, Helsinki.

Kankainen, J. & Junnonen, J. (2001). Rakennuttaminen, 1. painos, Rakennustieto Oy, Helsinki.

Karlos, A., Martinsuo, M. & Kujala, J. (2008). Projektiliiketoiminta, 2. painos., WSOY, Helsinki.

Lean Construction Institute A Conceptual History of LCI, Lean Construction Institute, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 23.6.2015): <http://www.leanconstruction.org/about-us/history/>.

Liebich, T. (2013). IFC4 - The new buildingSMART standard, BuildingSMART International Ltd, Saatavissa: http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/ifc-releases/ifc4-release/buildingSMART_IFC4_WhatisNew.pdf.

McGraw & Hill Construction (2009). Smartmarket Report: The Business Value of BIM, McGraw & Hill Construction.

McGraw & Hill Construction (2014). Business Value of BIM in Global Markets, McGraw & Hill Construction.

Merikallio, L. & Haapasalo, H. (2009). Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämisskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla, Rakennusteollisuus RT ry ja LCI-Finland, Saatavissa:

<http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20%282009%209%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf>.

Penttilä, H. (2006). Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression, ITcon, 14 p.

Penttilä, H., Nissinen, S. & Niemioja, S. (2006). Tuotemallintaminen rakennushankkeessa - Yleiset periaatteet, Rakennusteollisuus RT ry, Rakennustietosäätiö RTS ja Rakennustieto Oy, Helsinki, 64 p.

Project Management Institute (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK-guide), 5. painos., Project Management Institute, Inc, 589 p.

Rakennustieto Oy (2010). RT 10-10992 Tietomallinnettava rakennushanke - ohjeita rakennuttajalle, Rakennustieto Oy.

Ruukki Construction Rakentamisen projektit, Ruukki Construction, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 4.5.2015): <http://www.ruukki.fi/Sijoittajat/Vuosikertomus-2013/Liiketoiminta-alueet/Rakentamisen-projektit>.

Ruukki Construction (2015). Model in Construction Management, sisäinen dokumentti.

Ruukki Construction (2014). BIM Based Project Management, sisäinen dokumentti.

Ruukki Construction (2009). BIM and Ruukki Construction, sisäinen dokumentti.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, Vol. 18(3), pp. 357-375.

Succar, B. (2010). Building Information Modelling Maturity Matrix, Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies, 50 p.

Tekla Corporation IFC Import, Tekla Corporation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 12.5.2015): http://teklastructures.support.tekla.com/200/en/int_ifc_import.

Tekla Corporation Tekla Structures, Tekla Corporation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.11.2015): <http://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures>.

Tekla Corporation Building & Construction, Tekla Corporation, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 15.11.2015): <http://www.tekla.com/fi/tietoa-teklasta/building-construction>.

Tekla Corporation What is Tekla BIMsight?, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 10.11.2015): <http://www.teklabimsight.com/learn-more/what-is-tekla-bimsight>.

The American Institute of Architects (2007). Integrated Project Delivery: A Guide, 57 p.

Trimble 3D Warehouse Trimble 3D Warehouse, Trimble Navigation Limited, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 21.5.2015): <http://www.sketchup.com/>.

Womack, J. & Jones, D. (2003). Lean Thinking, Free Press, 396 p.

LIITE A: ENGLANNINKIELISET HAASTATTELUKYSYMYKSET

Current practices in using BIM:

1. Is the information needed in your job attainable from the model?
 - Can the information be found effortlessly or is there time spent in vain trying to look for it?
2. Have the models been created in a similar way between different projects (certain type of information in the same place, presented in the same way)?
3. Have your projects proceeded as planned?
 - Has the installation sequence been determined correctly?
 - Have the models been created correctly?
 - Have the schedules held true (design, production, logistics, installation)?
 - If not, why?
4. How often do you update information to either the design or the project model?
 - Is the model always up to date, can your own work be planned based on the information found in the model?
 - How much of your working time does the information input take?
 - How could the update process be made easier?
5. How is information usually transmitted between different people in a project (project manager, designers, work site, production)?
 - Have there been problems in the information flow?
6. How are building information models utilized in logistics of a project?
7. How are building information models utilized in cooperation between other project participants (both internal and external)?

Added value and benefits of BIM:

8. Give three (3) concrete examples of how BIM has eased your work / made your work better?
 - What effects did these benefits have on other project participants?
9. How are information of both production and installation being used in work site and project reports?
10. How is the BIM data utilized in weekly schedules on a work site and in detailed planning of tasks?
11. Is it possible and beneficial to use 3D-models on a worker level on sites?
12. In your opinion, what are the core benefits that BIM brings to your work?

Problems in using BIM and suggestions to make it better:

13. Give three (3) concrete examples of what problems there have been in using BIM in your work?
 - Did these problems have any effect on the duration or cost of the project?
14. Have any problems occurred in your projects that could have been prevented earlier with a better information flow?
15. How could BIM be further utilized in your work?
 - Add or remove features or edit them?
16. Are the BIM programs sufficiently easy to use and appropriate for your work?
 - What sort of changes would you like?
17. How do you see the future of BIM in Ruukki projects and in construction in general?